



**DETERMINATION OF THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION
OF DUST BY THE USE OF MINIATURE CYCLONES**

**DETERMINATION DE LA DISTRIBUTION GRANULOMETRIQUE
DE PARTICULES AU MOYEN DE PETITS CYCLONES**

**BESTIMMUNG DER KORNGRÖSSENVERTEILUNG VON
STAUB MITTELS KLEINER ZYKLONE**

TABLE DES MATIERES

	Page
1. But de la méthode	3
2. Principe de fonctionnement	3
3. Unités de mesure relative à la taille des particules, Definitions	5
4. Plage de mesure, Gamme de definition	7
5. Appareillage	7
6. Gamme de débit	9
7. Sonditions d'essai	9
8. Précautions particulières	13
9. Evaluation des résultats d'essai	19
10. Interprétation des résultats d'essai	27
11. Liste des symboles	29
Annexe 1	31
Annexe 2	47
Annexe 3	59
Annexe 4	66
Diagramme 1	67
Diagramme 1a	68
Diagramme 2	69
Diagramme 3	70
Diagramme 4	71
Diagramme 5	72
Diagramme 6	73
Figure 1	74

1. Purpose of the method

1.0 Determination of the particle size distribution for a dust dispersed in a gas stream.

1.1 Realized by connecting the SF Analysis Cyclones as a part of the dust sampling line between the probe and the absolute filter.

1.2 The sampling shall be performed in accordance with the EUROVENT recommendations 4/1 and 4/3.

Comments: See Appendix 1/ 1

2. Principle of operation

The dust laden gas from the sond is brought through two identical cyclones connected in series and subsequently through the absolute filter.

The sampled dust is collected partly in the first cyclone partly in the second cyclone and partly on the filter.

Weighing of the dust collected in each unit makes it possible to calculate the collecting efficiencies for the two cyclones. These efficiencies together

1. Zweck der Methode

1.0 Bestimmung der Korngrößenverteilung für einen in einem Gasstrom dispergierten Staub.

1.1 Dadurch, daß die SF Analysen-Zyklone in die Probenentnahmeleitung zwischen die Sonde und den Absolutfilter eingeschaltet werden.

1.2 Die Probenentnahme erfolgt in Übereinstimmung mit der EUROVENT-Empfehlungen 4/1 und 4/3.

Kommentare: Siehe Anhang 1/ 1

2. Grundsätzliches zur Arbeitsweise

Der von der Sonde kommende Rohgasstrom wird durch zwei identische, in Reihe geschaltete Zyclone geleitet und danach auf den Absolutfilter gegeben.

Der Staub der Probenentnahme wird abgeschieden: teilweise im ersten Zyklon, teilweise im zweiten Zyklon und teilweise auf dem Filter.

Das Wägen des in jeder Einheit abgeschiedenen Staubes ermöglicht es, die Abscheidegrade für die beiden Zyclone zu berechnen. Diese Abscheidegrade, zusammen mit einer

1. But de la méthode

1.0 Détermination de la distribution granulométrique de poussières dispersées dans une veine gazeuse.

1.1 Réalisée en insérant les petits cyclones SF, en tant qu'élément du circuit de prélèvement de poussières, entre la sonde et le filtre absolu.

1.2 Le prélèvement doit être effectué conformément à les Recommandations EUROVENT 4/1 et 4/3.

Observations: cf. Annexe 1/ 1.

2. Principe de fonctionnement

Les gaz chargés de poussières sont prélevés à travers deux cyclones identiques placés en série, puis à travers un filtre absolu.

La poussière prélevée est collectée en partie dans le premier cyclone, en partie dans le second cyclone et en partie sur le filtre.

La pesée de la poussière collectée dans chaque appareil permet de calculer le rendement pour les deux cyclones. A partir de ces valeurs et de la courbe de rendement

with the predetermined grade efficiency curve for the cyclones makes it possible to evaluate the particle size distribution.

The result is a residue curve with a logarithmic probability distribution.

vorher bestimmten Kurve für den Stufenabscheidegrad der Zyklone macht es dann möglich, die Korngrößenverteilung zu beurteilen.

Das Ergebnis ist eine Rückstandskurve mit einer logarithmischen Wahrscheinlichkeitsverteilung.

3. Measuring units for particle size, Definitions

The result is given as terminal velocity or as terminal velocity equivalent diameter.

3. Maßeinheiten für die Teilchengröße, Definitionen

Das Ergebnis wird als die Fallgeschwindigkeit oder als der der Fallgeschwindigkeit äquivalente Durchmesser angegeben.

3.1 Terminal velocity

Limit velocity of the considered particle free falling in calm air at 0 °C and 760 mm Hg.

3.1 Fallgeschwindigkeit

Es ist dies die Grenzgeschwindigkeit des frei fallenden Teilchens in ruhiger Luft von 0 °C und 760 mm Hg.

3.2 Terminal velocity equivalent diameter

Diameter of the spherical particle of density 1 kg/dm³, which would have the same terminal velocity.

3.2 Der Fallgeschwindigkeit äquivalenter Durchmesser

Es ist dies der Durchmesser eines sphärischen Teilchens der Dichte von 1 kg/dm³, welches die gleiche Fallgeschwindigkeit aufweist.

In the following shortings are used

- 3.1 - TV (terminal velocity)
- 3.2 - TVED (terminal velocity equivalent diameter)

Nachstehend werden folgende Abkürzungen verwendet:

- 3.1 - TV (Fallgeschwindigkeit)
- 3.2 - TVED (Der Fallgeschwindigkeit äquivalenter Durchmesser)

fractionnaire prédéterminée des cyclones, il est alors possible d'évaluer la distribution granulométrique.

On obtient alors une courbe résiduelle à distribution log-probabilité.

3. Unités de mesure relative à la taille des particules, Définitions

Le résultat est donné en vitesse de chute ou en diamètre équivalent en vitesse de chute.

3.1 Vitesse de chute

Vitesse limite de la particule considérée en chute libre dans l'air calme à 0 °C et 760 mm Hg.

3.2 Diamètre équivalent en vitesse de chute

Diamètre d'une particule sphérique de masse volumique 1 kg/dm^3 qui aurait la même vitesse de chute.

Par la suite, les abbréviations ci-dessous sont utilisées:

- 3.1 - TV (Vitesse de chute)
- 3.2 - TVED (Diamètre équivalent en vitesse de chute)

4. Measuring range,
Range of definition

The method gives a residue curve for the total dust, but the validity of this curve is limited to the range of definition.

4.1 Range of definition

The range of terminal velocity (respectively terminal velocity equivalent diameter) between the values where the grade efficiency for the cyclones at operating conditions is greater than 0.1% and less than 99.9 %.

4. Meßbereich, Definition

Diese Methode ergibt eine Rückstandskurve für den gesamten Staub, jedoch ist die Gültigkeit dieser Kurve durch den definierten Bereich eingeschränkt.

4.1 Definierter Bereich

Es ist dies der Bereich der Fallgeschwindigkeit (bzw. des der Fallgeschwindigkeit äquivalenten Durchmessers) zwischen den Werten, für welche der Stufenabscheidegrad der Zyclone unter Betriebsbedingungen größer als 0,1 % bzw. kleiner als 99,9 % ist.

$$v (\eta_g = 0,1 \%) < v (\eta_g) < v (\eta_g = 99,9 \%) \quad \text{TV}$$

$$d (\eta_g = 0,1 \%) < d (\eta_g) < d (\eta_g = 99,9 \%) \quad \text{TVED}$$

Comments: See Appendix 1/ 2.

Kommentare: siehe Anhang 1/ 2.

(η_g = Fractional efficiency)

(η_g = Stufenabscheidegrad)

5. Equipment

Equipment used for determination of the particle size distribution according to this standard must conform with the recommendations of document EUROVENT 4/3.

- Two identical cyclones followed by an absolute filter

5. Ausrüstung

Die für die Bestimmung der Korngrößenverteilung nach dieser Norm verwendete Ausrüstung muß den Empfehlungen des Dokumentes EUROVENT 4/3 entsprechen.

- Zwei identische Zyclone mit einem nachgeschalteten Absolutfilter

4. Plage de mesure,
Gamme de définition

La méthode donne une courbe résiduelle pour la totalité des poussières, mais cette courbe n'est valable que dans la gamme de définition.

4.1 Gamme de définition

Etendue en vitesse de chute (ou en diamètre équivalent en vitesse de chute) entre les valeurs auxquelles le rendement fractionnaire des cyclones est supérieur à 0,1 % et inférieur à 99,9 % aux conditions de fonctionnement. Elle est définie comme suit:

Observations: cf. Annexe 1/C2

(η_g = Rendement fractionnaire)

5. Appareillage

L'appareillage utilisé pour la détermination de la distribution granulométrique suivant cette norme doit être conforme aux recommandations du document EUROVENT 4/3. Il comprend:

- Deux cyclones identiques suivis d'un filtre absolu

- The inside walls of the cyclones and of the connection circuit from the sampling probe to the filter must be polished.

- Die inneren Wandungen der Zykclone und des Verbindungskanals von der Entnahmesonde bis zum Filter müssen poliert sein.

6. Range of flow rate

6. Bereich des Durchflusses

6.1 Nominal flow rate $q_n = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

6.1 Nennwert des Durchflusses $q_n = 25 \text{ m}^3/\text{h}$

6.2 Utilization range for this standard $10 \text{ m}^3/\text{h} < q_c < 35 \text{ m}^3/\text{h}$

6.2 Nutzbarer Bereich für diese Norm $10 \text{ m}^3/\text{h} < q_c < 35 \text{ m}^3/\text{h}$

7. Test conditions

7. Prüfbedingungen

7.1 The general performance of the dust sampling must be in accordance with EUROVENT 4/1 and 4/3.

7.1 Die allgemeine Leistungsfähigkeit der Probenentnahme muß EUROVENT 4/1 und 4/3 entsprechen.

7.2 The temperature of the gas through the equipment from the probe to and through the filter should be kept sufficiently high to avoid condensation. Deviations from main duct temperature is accepted providing this causes no alteration in particle size distribution.

7.2 Die Temperaturen des Gases, welches durch die Ausrüstung von der Sonde bis zum Filter und durch diesen hindurch fließt, sollten genügend hoch gehalten werden, um Kondensation zu vermeiden. Abweichungen gegenüber der Temperatur im Hauptkanal sind zulässig, soweit diese keine Veränderung in der Korngrößenverteilung hervorrufen.

7.3 Flow rate as 6.2

7.3 Durchfluß gemäß 6.2

- Les parois intérieures des cyclones comme celles du circuit de raccordement entre la sonde de prélèvement et le filtre doivent être polies.

6. Gamme de débit

- 6.1 Débit nominal $q_n = 25 \text{ m}^3/\text{h}$
- 6.2 Plage d'utilisation pour cette norme $10 \text{ m}^3/\text{h} < q_c < 35 \text{ m}^3/\text{h}$

7. Conditions d'essai

- 7.1 L'exécution générale du prélèvement de poussières doit être conforme aux recommandations des documents EUROVENT 4/1 et 4/3.
- 7.2 La température des gaz traversant l'appareillage à partir de la sonde jusqu'au et à travers le filtre doit être maintenue suffisamment élevée pour éviter toute condensation. Des écarts de température par rapport à celle régnant dans le conduit principal sont admissibles, à condition qu'ils ne provoquent pas de modification de la distribution granulométrique.
- 7.3 Débit suivant par. 6.2

7.4 Sampling time

If it is necessary to change nozzle diameter in order to maintain isocinetic sampling within this flow range the sampling times $t_1, t_j \dots$ at the various points must be balanced as a function of the nozzle diameters $d_1, d_j \dots$ according to the formula

The mean sampling time in each point (total sampling time divided by the number of points) must agree with EUROVENT 4/3.

7.5 Notes

Flow rate and temperature of the gas passing the cyclones must be noted frequently during the test.

7.4 Dauer der Probenentnahme

Falls es erforderlich ist, die Düsendurchmesser zu wechseln, um innerhalb dieses Durchflußbereiches isokinetische Entnahmebedingungen aufrecht zu erhalten, müssen die Zeiten für die Probenentnahme an den verschiedenen Punkten $t_1, t_j \dots$ in Abhängigkeit der Düsendurchmesser $d_1, d_j \dots$ entsprechend folgender Formel abgeglichen werden:

$$\frac{t_1}{t_j} = \left(\frac{d_1}{d_j} \right)^2 \quad (1)$$

Die mittlere Probenentnahmedauer an jeder Stelle (gesamte Probenentnahmedauer durch die Anzahl der Punkte) muß mit EUROVENT 4/3 in Einklang stehen.

7.5 Hinweise

Der Durchfluß und die Temperatur der die Zyklone durchströmenden Gase müssen während des Versuches häufig festgehalten werden.

7.4 Durée de prélèvement

S'il s'avère nécessaire de changer le diamètre de la buse afin de maintenir des conditions de prélèvement isocinétique dans cette gamme de débit, il faut ajuster la durée de prélèvement t_i , t_j ... aux différents points de mesure en fonction des diamètres de la buse d_i , d_j ... en utilisant la formule:

La durée moyenne de prélèvement en chaque point (durée totale divisée par le nombre de points) doit correspondre à celle qui est indiquée dans le document EUROVENT 4/3.

7.5 Notes

Le débit et la température des gaz traversant les cyclones doivent être notés à plusieurs reprises pendant l'essai.

8. Handling instructions

8.1 The equipment must be thoroughly cleaned and well assembled.

8.2 Preheating is necessary to avoid condensation.

8.3 Terminating the test:

a) If overpressure is prevailing in the examined duct no special considerations are necessary.

b) If underpressure however is the case the probe must be released from the duct before the gas pump is stopped. Otherwise backflow can occur, which may spoil the filter and retransport dust from the filter to cyclone 2.

8.4 Dust deposits

Dust deposits in probe and piping is practically inevitable, but is minimized by maintaining a sufficiently high wall temperature.

Heating coils on probe and connecting pipes to the cyclones are mostly necessary.

8. Anweisungen für die Versuchsdurchführung

8.1 Das Gerät muß gründlich gereinigt und gut zusammengebaut sein.

8.2 Vorwärmen ist erforderlich, um Kondensation zu vermeiden.

8.3 Beendigung des Versuches:

a) falls in dem untersuchten Kanal Überdruck herrscht, sind keine besonderen Vorichtsmaßnahmen erforderlich.

b) falls jedoch Unterdruck herrscht, muß die Sonde aus dem Kanal herausgenommen werden, ehe die Gaspumpe abgestellt wird. Sonst könnte ein Rückstrom eintreten, welcher den Filter beschädigen und Staub vom Filter in den Zyklon Nr. 2 zurückbringen kann.

8.4 Staubablagerungen

Staubablagerungen in der Sonde und in den Leitungen sind praktisch unvermeidlich, werden aber klein gehalten, wenn man eine genügend hohe Wandtemperatur aufrechterhält.

Heizwicklungen an der Sonde und an den Verbindungsleitungen zu den Zyklonen sind beinahe eine Notwendigkeit.

8. Précautions particulières

8.1 L'appareillage doit être parfaitement propre et bien assemblé.

8.2 Un préchauffage est nécessaire pour éviter toute condensation.

8.3 A la fin de l'essai:

a) En cas de surpression dans le conduit d'essai, il n'y a pas de précautions particulières à prendre.

b) En cas de dépression, il faut séparer la sonde du conduit avant d'arrêter l'aspiration des gaz, car sinon il risque d'y avoir un retour des gaz abimant le filtre et ramenant de la poussière du filtre au cyclone n° 2.

8.4 Dépôts de poussières

Il est pratiquement inévitable que la poussière se dépose dans la sonde et dans le conduit. Cet inconvénient peut néanmoins être minimisé en maintenant une température des parois suffisamment élevée.

Dans la plupart des cas, des dispositifs de chauffage de la sonde et des conduits de raccordement aux cyclones s'avèrent nécessaires.

- | | |
|---|--|
| 8.4.1 Dust deposits (nominated B_0) in probe and piping up to cyclone 1 is collected separately and used only for the calculation of the dust concentration. | 8.4.1 Staubablagerungen in der Sonde und in den Leitungen bis zum Zyklon Nr. 1 (Bezeichnung B_0) werden getrennt aufgenommen und nur für die Berechnung der Staubkonzentration verwendet. |
| 8.4.2 Dust deposits in piping between cyclone 1 and cyclone 2 is brushed consecutively at a reset gas flow. | 8.4.2 Staubablagerungen in den Leitungen zwischen Zyklon Nr. 1 und Zyklon Nr. 2 werden unter Einstellung eines gewissen Gasstromes mit der Bürste weitergeleitet. |
| 8.4.3 Dust deposits in piping between cyclone 2 and filter is brushed and added to the filter. | 8.4.3 Staubablagerungen in den Leitungen zwischen Zyklon Nr. 2 und dem Filter werden mit der Bürste aufgenommen und zum Filter hinzugefügt. |
| 8.4.4 Dust deposits inside the cyclones are regarded as collected of the certain cyclone. | 8.4.4 Staubablagerungen innerhalb der Zyclone werden als Staub aufgefaßt, der in dem jeweiligen Zyklon abgeschieden worden ist. |
| 8.5 Weighing of collected dust should be performed at an accuracy of $\pm 1\%$. | 8.5 Das Wägen des aufgefangenen Staubes sollte mit einer Genauigkeit von $\pm 1\%$ erfolgen. |
| 8.5.1 Denominations | 8.5.1 Bezeichnungen |
| B_0 amount of dust collected in probe and piping before cyclone 1. | B_0 Staubmenge, die in der Sonde und in der Leitung vor dem Zyklon abgeschieden worden ist. |
| B_1 amount of dust collected in cyclone 1. | B_1 Staubmenge, die im Zyklon Nr. 1 abgeschieden worden ist. |
| B_2 amount of dust collected in cyclone 2. | B_2 Staubmenge, die im Zyklon Nr. 2 abgeschieden worden ist. |
| B_3 amount of dust collected on the filter. | B_3 Staubmenge, welche auf dem Filter abgeschieden worden ist. |

- 8.4.1 Les dépôts de poussières (désignés par B_0) dans la sonde et dans le conduit de raccordement au cyclone n° 1 sont récupérés séparément et servent uniquement pour calculer la concentration en poussières.
- 8.4.2 Les dépôts de poussières entre le cyclone n° 1 et le cyclone n° 2 sont brossés en remettant l'aspiration des gaz.
- 8.4.3 Les dépôts de poussières dans le conduit entre le cyclone n° 2 et le filtre sont récupérés à la brosse et ajoutés au filtre.
- 8.4.4 Les dépôts de poussières dans les cyclones sont considérés comme étant collectés par le cyclone concerné.
- 8.5 La poussière collectée doit être pesée avec une précision de $\pm 1 \%$.

8.5.1 Désignations

- B_0 quantité de poussière collectée dans la sonde et dans le conduit amont du cyclone n° 1
- B_1 quantité de poussière collectée dans le cyclone n° 1
- B_2 quantité de poussière collectée dans le cyclone n° 2
- B_3 quantité de poussière collectée sur le filtre.

8.5.2 B_0 , B_1 and B_2 can normally be weighed without further treatment if the dust is transferred to airtight boxes shortly after the test.

8.5.3 B_3 should generally be determined after drying of the filter at the same temperature and at the same duration as the drying before the test.

8.5.4 If however, the examined gas contains SO_2/SO_3 this compounds can be absorbed on the filter in spite of a maintained gas temperature above the acid dew point and as sulphuric acid is hygroscopic considerable amounts of water can be absorbed by it during the test or at the exposition to ambient air during handling after the test. In this case the filter should be dried at $250^\circ C$ in inert gas (for ex. N_2) during 2 hours before weighing.

Other special cases occurs for example where interaction between dust and gas takes place. Necessary considerations is taken in each specific case.

If point 8.5.4 is neglected the result can be seriously incorrect.

8.5.2 B_0 , B_1 und B_2 können im allgemeinen ohne weitere Behandlung gewogen werden, falls der Staub kurz nach dem Versuch in luftdichte Behälter eingebracht wird.

8.5.3 B_3 sollte im allgemeinen nach einem Trocknen des Filters bei derselben Temperatur und während der gleichen Dauer als beim Trocknen vor dem Versuch, bestimmt werden.

8.5.4 Falls das untersuchte Gas jedoch SO_2/SO_3 enthält, so können diese Verbindungen auf dem Filter absorbiert werden, obwohl die Gas-temperatur oberhalb des sauren Taupunktes gehalten wird, und da Schwefelsäure hygroscopisch ist, können größere Wassermengen dadurch während des Versuches oder bei der Handhabung nach dem Versuch aus der Umgebungsluft aufgenommen werden. In einem solchen Falle sollte der Filter bei $250^\circ C$ in einem inerten Gas (z.B. N_2) zwei Stunden lang vor dem Wägen getrocknet werden.

Andere Sonderfälle können z.B. bei Zwischenwirkungen zwischen dem Staub und dem Gas vorliegen. Jeder einzelne Fall ist besonders zu betrachten.

Bei Vernachlässigung dieses Punktes 8.5.4 können größere Fehler beim Ergebnis eintreten.

8.5.2 Normalement les quantités B_0 , B_1 et B_2 peuvent être pesées sans précautions particulières, si la poussière est mise dans de boîtes étanches à l'air peu de temps après l'essai.

8.5.3 D'une manière générale, la quantité B_3 ne devra être déterminée qu'après avoir séché le filtre à la même température et pendant la même durée qu'avant l'essai.

8.5.4 Cependant, si le gaz prélevé contient du SO_2/SO_3 , ce composé peut être absorbé sur le filtre, bien que la température soit maintenue au-dessus du point de rosée acide. De plus, étant donné que l'acide sulfurique est hygroscopique, des quantités considérables d'eau peuvent être absorbées par celui-ci pendant l'essai ou à l'exposition à l'air ambiant pendant la manutention après l'essai. Dans ce cas, le filtre devra être séché à $250^{\circ}C$ dans un gaz inerte (par ex. N_2) durant 2 heures avant d'être pesé.

D'autres cas particuliers peuvent se présenter lorsqu'il y a interaction entre la poussière et le gaz. Il y a lieu de bien étudier chaque cas spécifique.

Si le paragraphe 8.5.4 est négligé, le résultat risque d'être sérieusement faussé.

9. Evaluation of test result

9.1 Collecting efficiencies η_1 and η_2

9.2 Diagram for $\eta_1 = f(\mathcal{L})$ and $\eta_2 = f(\mathcal{L}_1 \mathcal{A})$

Read in the diagrams \mathcal{L} and \mathcal{A}

$\eta_1 = f(\mathcal{L})$ is the line in diagram 1 where $\mathcal{A} = 0$.

To obtain a more accurate value of \mathcal{L} , the diagram 1a is constructed, by chopping the line for $\mathcal{A} = 0$ in diagram 1, in pieces for each step of one unit.

9.2.1 Start from η_1 at the vertical axis and draw a horizontal line until it crosses the line for $\mathcal{A} = 0$. The vertical line through the crosspoint is the corresponding \mathcal{L} -value.

9. Beurteilung der Versuchsergebnisse

9.1 Abscheidegrade η_1 und η_2

$$\eta_1 = \frac{B_1}{B_1 + B_2 + B_3} \quad (2)$$

$$\eta_2 = \frac{B_2}{B_2 + B_3} \quad (3)$$

9.2 Diagramm für $\eta_1 = f(\mathcal{L})$ und $\eta_2 = f(\mathcal{L}_1 \mathcal{A})$

Man liest in den Diagrammen \mathcal{L} und \mathcal{A} wie folgt ab:

$\eta_1 = f(\mathcal{L})$ ist im Diagramm 1 die Linie für $\mathcal{A} = 0$.

Zur genaueren Ermittlung von \mathcal{L} ist im Diagramm 1a die Linie $\mathcal{A} = 0$ des Diagramms 1 in mehreren Längen, jeweils in Schritten für eine Einheit, herausgezeichnet.

9.2.1 Man geht von η_1 auf der senkrechten Achse aus und zieht eine waagerechte Linie bis zum Schnitt mit der Kurve für $\mathcal{A} = 0$. Die senkrechte Linie durch diesen Schnittpunkt entspricht dem \mathcal{L} -Wert.

9. Evaluation des résultats d'essai

9.1 Rendements η_1 et η_2

9.2 Diagrammes pour $\eta_1 = f(\mathcal{E})$
et $\eta_2 = f(\mathcal{R}_1 \mathcal{A})$

On lit sur les diagrammes les valeurs de \mathcal{E} et \mathcal{A} .

$\eta_1 = f(\mathcal{E})$ correspond à cette droite sur le diagramme 1 où $\mathcal{A} = 0$.

Afin d'obtenir une valeur plus précise de \mathcal{E} , la droite correspondant à $\mathcal{A} = 0$ sur le diagramme 1 est représentée sur le diagramme 1a, coupée en plusieurs longueurs correspondant aux pas d'une unité.

9.2.1 On part de η_1 sur l'ordonnée et on trace une horizontale jusqu'à ce que celle-ci coupe la droite correspondant à $\mathcal{A} = 0$. La verticale passant par le point d'intersection donne la valeur de \mathcal{E} .

9.2.2 Start from h_2 at the vertical axis in diagram 2 and draw a horizontal line until it crosses the vertical line for X . The crosspoint gives the value of α .

9.3 The characteristic of the cyclones is given according to the calibration by the constant a_{cv} and v_c in the system TV.

(by a_{cd} and d_c in the system TVED)

These values however refers to 0°C and 1.0133 bar.

9.3.1 In order to bring the dust analyse in accordance with the reference conditions, corrections must be made for the actual operating conditions of the cyclones during the test.

9.2.2 Man geht von h_2 auf der senkrechten Achse aus und zieht eine waagerechte Linie bis zum Schnittpunkt mit der Senkrechten für X . Dieser Schnittpunkt ergibt den Wert für α .

9.3 Die Kennlinie der Zyklone ergibt sich gemäß der Eichung aus den Konstanten a_{cv} und v_c im System TV,

(bzw. a_{cd} und d_c im System TVED)

Diese Werte verstehen sich für 0°C und 1.0133 bar.

9.3.1 Um die Staubanalyse mit den Bezugsbedingungen in Einklang zu bringen, müssen Korrekturen für die jeweiligen Betriebsbedingungen der Zyklone während des Versuchs gemacht werden.

$$v_{ca} = v_c \left(\frac{q_n}{q_a} \right)^{0.30} \cdot \left(\frac{\eta'_a}{\eta'_o} \right) \quad (4) \quad \text{System TV}$$

$$a_{cva} = a_{cv} \quad (5)$$

$$d_{ca} = d_c \left(\frac{q_n}{q_a} \right)^{0.15} \cdot \left(\frac{\eta'_a}{\eta'_o} \right)^{0.5} \quad (4a) \quad \text{System TVED}$$

$$a_{cda} = a_{cd} \quad (5a)$$

9.2.2 On part de $\frac{1}{2}$ sur l'ordonnée du diagramme 2 et on trace une horizontale jusqu'à ce que celle-ci coupe la verticale indiquant X . Le point d'intersection donne la valeur de α .

9.3 La courbe caractéristique des cyclones est donnée, selon l'étalonnage, par les constantes a_{cv} et v_c dans le système TV.

(par a_{cd} et d_c dans le système TVED).

Ces valeurs s'entendent pour 0°C et 1,0133 bar.

9.3.1 Afin de rendre l'analyse des poussières conforme aux conditions de référence, il faut procéder à des corrections pour les conditions de fonctionnement réelles des cyclones pendant l'essai.

9.4 From the theory of the method

9.4 Entsprechend der Theorie der Methode

System TV

$$\lambda = \frac{\ln \frac{v_d}{v_{ca}}}{\sqrt{a_{dv}^2 + a_{cv}^2}} \quad (6)$$

$$\lambda = \frac{a_{dv}}{a_{cv}} \quad (7)$$

$$a_{cv} = \ln \frac{v'_{ca}}{v'_{ca}} \quad (8)$$

$$a_{dv} = \ln \frac{v_d}{v'_d} \quad (9)$$

System TVED

$$\lambda = \frac{\ln \frac{d_d}{d_{ca}}}{\sqrt{a_{dd}^2 + a_{cd}^2}} \quad (6a)$$

$$\lambda = \frac{a_{dd}}{a_{cd}} \quad (7a)$$

$$a_{cd} = \ln \frac{d'_{ca}}{d_{ca}} \quad (8a)$$

$$a_{dd} = \ln \frac{d_d}{d'_d} \quad (9a)$$

This gives
Daraus ergibt sich
On obtient

$$a_{dv} = \lambda a_{cv} \quad (10)$$

$$v_d = v_{ca} e^{\lambda a_{cv} \sqrt{1 + \lambda^2}} \quad (11)$$

$$v'_d = v_d \cdot e^{-a_{dv}} \quad (12)$$

and / und / et

$$v'_{ca} = v_{ca} e^{a_{cv}} \quad (13)$$

$$a_{dd} = a_{cd} \quad (10a)$$

$$d_d = d_{ca} e^{\lambda a_{cd} \sqrt{1 + \lambda^2}} \quad (11a)$$

$$d'_d = d_d \cdot e^{-a_{dd}} \quad (12a)$$

$$v'_{ca} = v_{ca} e^{a_{cd}} \quad (13a)$$

9.4 Selon la théorie de la méthode

In a diagram with logarithmic probability graduation the values v_c , v_{ca} , v_d , d_c , d_{ca} and d_d are situated on the 50 % line and the values v'_c , v'_{ca} , v'_d , d'_c , d'_{ca} , and d'_d are situated on the 84.13 % line.

The vertical combinations of these parameters gives the characteristics of each cyclone- respectively dust representation as straight lines in the diagram.

9.4.1 Choose system TV or TVED
(OBS: Must not be mixed!)

By the values of χ and λ obtained by 9.2.1 and 9.2.2 and cyclone constants obtained by 9.3.1 the dust curve is obtained by 9.4 using equations (10), (11) and (12).

The dust curve is a straight line through (11)/50 % and (12)/84.13 %.

9.4.2 The values obtained by (11) and (12) must be regarded as guiding parameters to give the obtained dust curve the best fitting position of the logarithmic probability distribution to the actual dust distribution within the definition range according to 4.1.

In einem Diagramm mit logarithmischer Wahrscheinlichkeits- teilung befinden sich die Werte von v_c , v_{ca} , v_d , d_c , d_{ca} und d_d auf der 50 % Linie und die Werte für v'_c , v'_{ca} , v'_d , d'_c , d'_{ca} und d'_d auf der 84,13 % Linie.

Die senkrechte Kombination dieser Parameter ergibt die Kennlinien jedes Zyklons bzw. die Darstellung des Staubes als gerade Linien in dem Diagramm.

9.4.1 Man wählt das TV oder das TVED System (Hinweis: diese dürfen nicht durcheinandergebracht werden!).

Mit den Werten von χ und λ gemäß 9.2.1 und 9.2.2 und den Konstanten der Zyklone gemäß 9.3.1 wird die Staubkurve gemäß 9.4 erhalten, unter Verwendung der Gleichungen (10), (11) und (12).

Die Staubkurve ist eine Gerade durch (11)/ 50 % und (12) / 84,13 %.

9.4.2 Die gemäß (11) und (12) erhaltenen Werte sind als Richtwerte zu betrachten, mit denen die erhaltene Staubkurve innerhalb des definierten Bereiches nach 4.1 so gut wie möglich mit der wahrscheinlichen logarithmischen Staubverteilung des wirklichen Staubes in Einklang gebracht wird.

Dans un diagramme à graduation log-probabilité, les valeurs de v_c , v_{ca} , v_d , d_c , d_{ca} et d_d sont situées sur la droite correspondant à 50 % et les valeurs de v'_c , v'_{ca} , v'_d , d'_c , d'_{ca} , et d'_d sur la droite correspondant à 84,13 %.

La combinaison de ces paramètres donne les courbes caractéristiques pour chaque cyclone et la représentation de la poussière par des droites sur le diagramme.

9.4.1 On choisit soit le système TV, soit le système TVED (Remarque: Ne pas mélanger les deux systèmes dans les calculs!)

A partir des valeurs de \mathcal{K} et de d obtenues suivant par. 9.2.1 et 9.2.2 et des constantes du cyclone obtenues suivant par. 9.3.1, on obtient la courbe des poussières en utilisant les équations (10), (11) et (12) du par. 9.4.

La courbe des poussières est une droite passant par 50 % (11) et 84,13 % (12).

9.4.2 Les valeurs obtenues à partir de (11) et (12) doivent être considérées comme étant des valeurs approximatives donnant la courbe de distribution log-probabilité des poussières la plus conforme à celle de la distribution réelle des poussières dans la gamme de définition (par. 4.1).

9.4.3 The validity of the dust curve is limited to the definition range which is found as follows.

Draw a line through the points (4)/50 % and (13)/84.13 %. This is the cyclone characteristic at test conditions.

Draw horizontal lines through 0.1 % and 99.9 %.

Draw vertical line through the crosspoints with the cyclone characteristic.

The definition range is between these two vertical lines.

9.5 The result of the dust analysis is the part of the dust curve, which is within the definition range.

10. Interpretation of test result

10.1 The SF Analysis cyclone gives a picture of the total dust within the definition range in form of the best fitting logarithmic probability distribution residue curve which parameters are v_d, a_{dv} (d_d, a_{dd}).

9.4.3 Die Staubkurve ist auf den definierten Bereich beschränkt, welcher wie folgt gefunden wird:

Man zieht eine Linie durch die Punkte (4)/50 % und (13)/84,13 %. Es ist dies die Kennlinie des Zyklons unter Versuchsbedingungen.

Man zieht waagerechte Linien durch 0,1 % und 99,9 %.

Man zieht senkrechte Linien durch die Schnittpunkte mit der Kennlinie des Zyklons.

Der definierte Bereich liegt dann zwischen diesen beiden senkrechten Linien.

9.5 Das Ergebnis der Staubanlyse ist derjenige Teil der Staubkurve, welcher innerhalb des definierten Bereiches liegt.

10. Auslegung der Versuchsergebnisse

10.1 Der SF Analysen-Zyklon ergibt ein Bild des gesamten Staubes innerhalb des definierten Bereiches in der Form der am besten passenden Kurve der logarithmischen Rückstandsverteilung, mit den Parametern v_d, a_{dv} (d_d, a_{dd}).

9.4.3 La courbe des poussières n'est valable que dans la gamme de définition qu'on détermine comme suit:

On trace une droite par les points correspondant à 50 % (4) et 84,13 % (13). On obtient alors la courbe caractéristique du cyclone aux condition d'essai.

On trace une horizontale par les points correspondant à 0,1 % et 99,9 %.

On trace une verticale par les points d'intersection avec la caractéristique du cyclone.

La gamme de définition se trouve entre ces deux verticales.

9.5 Le résultat de l'analyse des poussières n'est donné que par la partie de la droite, qui est située dans la gamme de définition.

10. Interprétation des résultats d'essai

10.1 Le petit cyclone SF donne une idée sur l'ensemble des poussières dans la gamme de définition sous forme d'une courbe résiduelle de distribution log-probabilité la mieux appropriée dont les paramètres sont $v_d, a_{dv} (d_d, a_{dd})$.

10.2 The residue curve obtained is thereby referred to calibration conditions.

10.2 Die erhaltene Rückstandskurve versteht sich somit für die Eichbedingungen.

10.3 d_d cannot be regarded as the average diameter for the dust unless it is within the definition range.

10.3 d_d kann nicht als der mittlere Durchmesser des Staubes betrachtet werden, es sei denn, er liegt innerhalb des definierten Bereiches.

In all other cases d_d , a_d must be looked upon as guiding parameters to give the curve the best fitting approximation by a logarithmic probability distribution within the definition range.

In allen anderen Fällen sind d_d , a_d als Richtwerte zu betrachten, um eine Kurve zu erhalten, welche die bestmögliche Annäherung an eine logarithmische Wahrscheinlichkeitsverteilung innerhalb des definierten Bereiches darstellt.

See Appendix 1/ 3.

Siehe Anhang 1/ 3.

11. List of symbols

11. Liste der Symbole

10.2 La courbe résiduelle se rapporte ainsi aux conditions d'étalonnage.

10.3 d_d ne peut être considéré comme étant le diamètre moyen, à moins qu'il ne se trouve dans la gamme de définition.

Dans tous les autres cas, d_d et a_d doivent être considérées comme étant des valeurs approximatives permettant d'obtenir une courbe représentant la meilleure approximation de la distribution log-probabilité dans la gamme de définition.

Cf. Annexe 1/ 3.

11. Liste des symboles

List of Comments

1 Dust analysis on site or
in laboratory

The advantage of a determination directly at plant conditions compared to a post-determination by some laboratory method is evident.

The main difficulty connected to the laboratory methods is the redispersion of the collected dust sample. This treatment is a necessity before the actual classifying operation regardless type of laboratory method.

As it is impossible to tell which degree of conglomeration the dust particles had established the moment before sampling, it is also impossible to create a true reproduction of the initial state.

By Analysis Cyclone method this difficulty is eliminated and even sticky, baking or hygroscopic types of dust are classified as they appear in the main gas stream. Errors related to differences in gas composition, moisture content and dust concentration are also eliminated.

Liste der Kommentare

1 Staubanalyse am Einbauort oder
im Labor

Die Vorteile einer Bestimmung unmittelbar unter den Betriebsbedingungen gegenüber einer nachträglichen Bestimmung nach irgendeiner Labormethode liegen auf der Hand.

Die größte Schwierigkeit beim Arbeiten nach Labormethoden besteht in der erneuten Dispersion der aufgefangenen Staubprobe. Eine solche Aufbereitung ist, unabhängig von der Art der verwendeten Labormethode, vor der eigentlichen Korngrenzenbestimmung durchzuführen.

Da man den Grad der Zusammenballung der Staubteilchen unmittelbar vor dem Auffangen nicht kennt, ist es also auch unmöglich, diesen Zustand genau wieder herzustellen.

Nach der Methode der Analyse mit den Zyklonen wird diese Schwierigkeit ausgeschaltet und es ist die Bestimmung der Korngröße sogar von klebrigem, ansetzenden oder hygroskopischen Staub so möglich, wie sie im Hauptgasstrom vorliegt. Auf diese Weise werden also Fehler vermieden, welche mit den Unterschieden in der Zusammensetzung des Gases, dem Feuchtigkeitsgehalt und der Staubkonzentration im Zusammenhang stehen.

Liste des observations1 Analyse des poussières in situ ou en laboratoire

L'avantage d'une détermination effectuée directement dans les conditions de l'installation par rapport à une détermination ultérieure par une quelconque des méthodes en laboratoire est évident.

La difficulté principale des méthodes en laboratoire réside dans la re-dispersion de l'échantillon de poussières collecté, qui doit être faite avant la détermination granulométrique proprement dite, indépendamment du type de la méthode utilisée.

Etant donné qu'on ne peut connaître l'importance de l'agglomération des particules de poussière juste avant d'être prélevées, il est donc impossible de reproduire exactement cet état initial.

En utilisant la méthode des petits cyclones, cette difficulté se trouve éliminée et il est même possible de déterminer la granulométrie de poussières collantes, hygroscopiques, etc. telles qu'elles existent dans la veine gazeuse principale. Les erreurs dues aux différences dans la composition des gaz, la teneur en humidité et la concentration en poussières sont éliminées également.

If, however, the method is used as a laboratory method, which is quite possible, the question of redispersion of the dust sample is as delicate as by other laboratory methods.

Another advantage by this method is the fact that the particle size distribution and the dust concentration are determined at the same measurement.

Further, the equipment handles comparatively large gas volumes, why correspondingly large dust quantities are collected. Hereby, the influence of secondary effects, like wall depositions etc. are reduced and weighing of collected dust is easily done with good accuracy.

2 Range of definition

The collecting efficiency of a cyclone is a function of

- a) the geometry and size of the cyclone,
- b) the gas quantity through the cyclone,
- c) the terminal velocity of the dust particles.

Falls die Methode jedoch als Labor-methode eingesetzt wird, was durchaus möglich ist, so ist das Problem der erneuten Dispersion der Staubprobe genauso heikel wie mit irgendeiner anderen Labormethode.

Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist darin zu sehen, daß die Korngrößenverteilung und die Staubkonzentration durch dieselbe Messung bestimmt werden.

Schließlich verarbeitet diese Ausrüstung größere Gasvolumina, so daß entsprechend größere Staubmengen aufgefangen werden. Auf diese Weise wird der Einfluß sekundärer Wirkungen, wie z.B. der Ablagerungen an den Wandungen, usw. klein gehalten, und ist auch das Wägen des aufgefangenen Staubes leicht mit einer guten Genauigkeit möglich.

2 Definitionsbereich

Der Abscheidegrad eines Zyklons hängt ab, von

- a) der Geometrie und der Größe des Zyklons,
- b) dem Gasstrom durch den Zyklon,
- c) der Fallgeschwindigkeit der Staubteilchen.

Cependant, si cette méthode est utilisée en laboratoire, ce qui est tout à fait possible, le problème de la redispersion des poussières est aussi délicat que pour les autres méthodes en laboratoire.

Un autre avantage de cette méthode réside dans le fait que la distribution granulométrique et la concentration en poussières sont déterminées en faisant une seule mesure.

Par ailleurs, cet appareillage traite des volumes de gaz relativement grands, ce qui permet de capter de grandes quantités de poussière. L'influence d'effets secondaires tels que dépôts sur les parois, etc. se trouve ainsi minimisée et la poussière collectée peut être pesée facilement avec une bonne précision.

2 Gamme definition

Le rendement d'un cyclone est fonction de

- a) la géométrie et la taille du cyclone,
- b) la quantité de gaz traversant le cyclone,
- c) la vitesse de chute des particules de poussière.

A certain cyclone operating at a certain gas quantity has a collecting characteristic, i.e. fractional efficiency curve, depending only on the settling rate of the particles.

For a certain interval

the fractional efficiency

thus

As η_f here is a logarithmic probability distribution, we must define practical limits for this range which is stated that $\eta_f = 0.1\%$ for $v = v_1$ and $\eta_f = 99.9\%$ for $v = v_2$

The reason for this limitation is explained as follows:

Ein Zyklon, welcher mit einer gewissen Gasmenge betrieben wird, hat eine Abscheidelinie, d.h. eine Kurve für den Abscheidegrad in Abhängigkeit der Teilchengröße, welche nur von der Fallgeschwindigkeit der Teilchen abhängt.

Für einen gewissen Bereich von

$$v_1 < v < v_2 \quad (TV)$$

ist dieser fraktionelle Abscheidegrad in Abhängigkeit der Teilchengröße

$$\eta_f = 0 < \eta_f < 1$$

somit

$$\eta_f = 0 \quad \text{for } v < v_1 \\ \text{für} \\ \text{pour}$$

$$\eta_f = 1 \quad \text{for } v > v_2 \\ \text{für} \\ \text{pour}$$

Da η_f hier eine logarithmische Wahrscheinlichkeitsverteilung hat, müssen wir praktische Grenzen für diesen Bereich einführen, und setzen deshalb fest, daß

$$\eta_f = 0,1\% \quad \text{für } v = v_1 \quad \text{und}$$

$$\eta_f = 99,9\% \quad \text{für } v = v_2 \quad \text{ist.}$$

Der Grund für diese Eingrenzung kann wie folgt erklärt werden:

Un cyclone, qui fonctionne avec une certaine quantité de gaz, a une caractéristique de séparation, c'est-à-dire une courbe de rendement fractionnaire qui ne dépend que de la vitesse de chute des particules.

Pour une certaine plage

le rendement fractionnaire

donc

Etant donné que η_f a ici une distribution log-probabilité, il faut définir des limites pratiques pour cette plage.

Nous posons donc

$$\eta_f = 0,1 \% \text{ pour } v = v_1$$

$$\eta_f = 99,9 \% \text{ pour } v = v_2$$

Cette limitation s'explique comme suit:

The dust which is brought into the equipment can be regarded as parted in 3 fractions.

Fraction 1:

This dust is finer than the definition range.

It passes the two cyclones entirely and is collected on the filter.

The method indicated hereby that this dust is finer, but not how much finer it is.

Fraction 2:

This dust is within the definition range. One part is collected in the first cyclone and a smaller part is collected in the second cyclone and the remaining dust is collected on the filter.

Fraction 3:

This dust is coarser than the definition range and is entirely collected in the first cyclone.

The method indicates hereby that this dust is coarser but not how much coarser it is.

Man kann annehmen, daß der in die Ausrüstung eingebrachte Staub in 3 Fraktionen aufgeteilt wird.

Fraktion 1:

Dieser Staub ist feiner als dem definierten Bereich entspricht.

Er tritt voll und ganz durch die beiden Zyklone und wird auf dem Filter aufgehalten.

Die Methode gibt also an, daß dieser Staub feiner ist, aber nicht um wieviel er feiner ist.

Fraktion 2:

Dieser Staub liegt innerhalb des definierten Bereiches. Ein Teil wird im ersten Zyklon abgeschieden, ein kleinerer Teil wird im zweiten Zyklon abgeschieden und der Rest wird auf dem Filter aufgefangen.

Fraktion 3:

Dieser Staub ist gröber als dem definierten Bereich entspricht, und er wird voll und ganz im ersten Zyklon abgeschieden.

Die Methode gibt also an, daß dieser Staub gröber ist, aber nicht um wieviel er gröber ist.

La poussière prélevée peut être considérée comme étant divisée en 3 fractions.

1ère fraction:

Le diamètre des poussières est plus petit que la limite inférieure de la gamme de définition.

Elle traverse complètement les deux cyclones et est collectée sur le filtre.

La méthode indique donc que la poussière est plus fine, mais pas de combien elle est plus fine.

2ème fraction:

Le diamètre de cette poussière se trouve dans la gamme de définition.

Une partie est collectée dans le premier cyclone, une partie plus faible est collectée dans le second cyclone et le reste de la poussière est collectée sur le filtre.

3ème fraction:

Le diamètre de la poussière est plus grand que la limite supérieure de la gamme de définition et est entièrement collectée dans le premier cyclone.

La méthode indique donc que la poussière est plus grosse, mais pas de combien elle est plus grosse.

Total:

We obtain a picture of the total dust within and limited to the definition range.

Complementary methods can be used for further investigations of the dust fractions outside the definition range when the main information about the particle size distribution is obtained according to this method.

The coarse dust which always is collected in the first cyclone can be further investigated by net sieving, elutriator, microscopy, etc.

The fine dust can also be analysed, but this requires electron microscopy.

SF has also developed a miniature electric precipitator, figure 1, for sampling of fine dust in between the second Analysis cyclone and the filter for further examination in scanning or transmission electron microscope. In both cases the dust is collected directly on the targets used in the electron microscope.

Insgesamt:

erhalten wir ein Bild von dem gesamten Staub innerhalb der Grenzen des definierten Bereiches.

Es können zusätzliche Methoden für weitere Untersuchungen der Staubfraktionen verwendet werden, welche sich außerhalb des definierten Bereiches befinden, nachdem die wesentlichste Information über die Korngrößenverteilung nach dieser Methode erhalten worden ist.

Der grobe Staub, welcher immer im ersten Zyklon abgeschieden wird, kann weiter durch Absieben, im Elutriator, unter dem Mikroskop usw. genauer untersucht werden.

Der feine Staub kann auch analysiert werden, was jedoch ein Elektronenmikroskop erfordert.

SF hat einen Elektrofilter in Miniaturausführung, Bild 1, entwickelt, für die Probenentnahme des feinen Staubes zwischen dem zweiten Analysezyklon und dem Absolutfilter, zwecks weiterer Untersuchung unter einem elektronischen Durchstrahlungs- oder Rastermikroskop. In beiden Fällen wird der Staub unmittelbar auf dem Objektträger abgeschieden, wie er im Elektronenmikroskop zur Verwendung kommt.

Conclusion:

On obtient une idée de l'ensemble de la poussière dans les limites de la gamme de définition.

Lorsque l'on a obtenu les renseignements principaux sur la distribution granulométrique suivant cette méthode, on peut utiliser des méthodes complémentaires pour une étude plus approfondie des fractions de poussière non comprises dans la gamme de définition.

La poussière grosse qui est toujours collectée dans le premier cyclone peut être analysée plus à fond au moyen de tamisage, élutriation, microscopie, etc.

La poussière fine peut être analysée également, mais il faut alors avoir recours à la microscopie électronique.

SF a développé un précipitateur électrostatique miniature,

figure 1, qui prélève la poussière fine entre le second petit cyclone et le filtre en vue d'une étude plus approfondie au moyen d'un microscope électronique classique ou à balayage. Dans les deux cas la poussière est directement collectée sur les porte-objets utilisés dans le microscope électronique.

This has been done on dust from aluminium smelters for example. see diagram 3.

Another method for investigation of the fines is by impactor.

3 Interpretation of test results

The dust emission from many industrial processes is not homogenous, but consists of two or more entirely different dust fractions, mostly, one fairly coarse and one very fine.

Example 1

The coarse dust is entirely separated in the first cyclone, while the fine dust is passing both cyclones and is collected on the filter. In the second cyclone no dust is collected which means $\eta_2 = 0$ and $\alpha = \infty$

The dust curve in this case is a horizontal line across the definition range, directly showing the partition coarse - fine. Diagram 4.

Example 2

If the coarse dust is partly distributed within the definition range, it will be collected as to the fractional curve, and hereby $\eta_2 > 0$ which means a_d is limited.

Dies ist z.B. bei Staub von Elektrolyseöfen in der Aluminiumherstellung erfolgt. Siehe Diagramm 3.

Eine andere Methode der Untersuchung des Feinanteils benutzt den Impaktor.

C.3 Die Auslegung der Versuchsergebnisse

Der Staubanfall bei vielen industriellen Verfahren ist nicht homogen, sondern besteht aus zwei oder mehr durchaus unterschiedlichen Staubfraktionen, meistens einem eher groben und einem sehr feinen Staub.

Beispiel 1

Der grobe Staub wird ganz im ersten Zyklon abgeschieden, während der Feinanteil durch beide Zyklone hindurchtritt und auf dem Filter aufgefangen wird. Im zweiten Zyklon wird kein Staub abgeschieden, dies heißt $\eta_2 = 0$ und $\alpha = \infty$

Die Staubverteilungskurve ist in diesem Falle eine waagerechte Linie durch den definierten Bereich, welche unmittelbar die Trennung grob - fein angibt. Diagramm 4.

Beispiel 2

Falls sich der grobe Staub teilweise innerhalb des definierten Bereiches befindet, so wird er mit der Kurve für den Fraktionsabscheidegrad aufgefangen und $\eta_2 > 0$, was also dazu führt, daß a_d begrenzt ist.

Cette méthode a été appliquée pour de la poussière provenant des fours à électrolyse dans la fabrication de l'aluminium (voire diagramme 3). Une autre méthode d'analyse de poussières fines utilise l'impacteur.

3 Interprétation des résultats d'essai

Les émissions de poussière d'un grand nombre de processus industriels ne sont pas homogènes, mais consistent en deux ou plusieurs fractions de poussière entièrement différentes, le plus souvent une fraction de poussières grosses et une fraction de poussières fines.

Exemple 1

La poussière grosse est séparée dans sa totalité dans le premier cyclone, tandis que la poussière fine passe à travers les deux cyclones et est collectée sur le filtre. Il n'y a pas de poussière collectée dans le second cyclone, ce qui signifie que

$$\eta_2 = 0 \text{ et } \lambda = \infty$$

Dans ce cas, la courbe des poussières est une horizontale passant à travers la gamme de définition et qui indique directement la séparation poussières grosses - poussières fines

(Diagramme 4).

Exemple 2

Si la poussière grosse se trouve en partie dans la gamme de définition, elle sera collectée selon la courbe fractionnaire, donc $\eta_2 > 0$, ce qui signifie que a_d est limité.

In this case the Analysis cyclone method still gives a very good picture of the dust.

The dust from oilfired boilers, bark firing, aluminium smelters etc. are typical examples on this. Diagram 5.

Example 3

In order to show the difficulty to get a representative dust analysis by means of an ordinary dust sampling at the plant and further determination of the grain size distribution by a laboratory method, we take a look at Diagram 6 showing dust from an oxygen-ironpowder cutting of billets.

Curve No. A, B and C show the results obtained by lab. method while curves 1, 2 and 3 show the result by SF Analysis cyclone equipment in direct plant measurement.

Curve A, B and 2 are ingoing dust to a cyclone, Curve 1, 3 and C are outlet dust from the cyclone.

Auch in diesem Falle ergibt die Methode mit den Analysenzyklonen noch ein sehr gutes Bild von dem Staub.

Typische Beispiele für diesen Fall sind Stäube von Ölbefeuerten Kesseln, Verfeuerung von Rinden, Aluminiumhütten usw. Diagramm 5.

Beispiel 3

Um die Schwierigkeit herauszustellen, eine repräsentative Staubanalyse mit normaler Probenentnahme im Werk und späterer Untersuchung der Korngrößenverteilung nach einer Labormethode durchzuführen, haben wir in dem Diagramm 6 die Ergebnisse für den Fall eines Brennschneidens von Knüppeln mit Sauerstoff und Eisenpulver dargestellt.

Die Kurven A, B und C zeigen die Ergebnisse, welche mit der Labormethode erhalten worden ist, und die Kurven 1, 2 und 3, die Ergebnisse mit der SF Analysenzyklonausrüstung, welche unmittelbar im Werk ermittelt werden konnten.

Die Kurven A, B und 2 stellen den in einen Zyklon eintretenden Staub dar, die Kurven 1, 3 und C stellen den aus dem Zyklon austretenden Staub dar.

Dans ce cas, la méthode des petits cyclones donne encore une très bonne idée de la distribution des poussières.

La poussière provenant de chaudières à mazout, de la combustion d'écorces et de fonderies d'aluminium en sont des exemples typiques.

Diagramme 5.

Exemple 3

Afin de bien montrer la difficulté pour obtenir une analyse de poussières représentative au moyen d'un prélèvement de poussières ordinaire effectué in situ et d'une étude plus approfondie de la distribution granulométrique par une méthode en laboratoire, nous avons représentés, avec le diagramme 6, les résultats pour le cas d'un découpage de longots à l'oxygène et à la poudre de fer.

Les courbes A, B et C montrent les résultats obtenus par une méthode en laboratoire, alors que les courbes 1, 2 et 3 montrent les résultats obtenus par la méthode des petits cyclones appliquée in situ.

Les courbes A, B et 2 représentent la poussière à l'entrée du cyclone. Les courbes 1, 3 et C représentent la poussière à la sortie du cyclone.

Note that 1 and 3 are entirely different from C, and this shows that the elutriator has failed to redisperse the conglomerated fume, but has given an analysis on aggregates of particles.

The example shows that on this type of dust the method of post-analysing the grain size gives completely misleading results and clearly demonstrates the demand on plant analysis.

Man stellt fest, daß sich 1 und 3 stark von C unterscheiden. Dies ist ein Hinweis dafür, daß der zusammengebackene Rauch im Elutriator nicht erneut dispergiert worden ist, so daß bei der Analyse Ballungen von Teilchen vorlagen.

Dieses Beispiel zeigt, daß bei Staub dieser Art die Methode der nachträglichen Analyse der Korngröße vollkommen irreführende Ergebnisse zeigt und unterstreicht deutlich den Bedarf für eine Analyse unter Betriebsbedingungen.

On note que les courbes 1 et 3 diffèrent essentiellement de la courbe C, ce qui montre que la fumée agglomérée n'a pas été redispersée dans l'élutriateur, de sorte qu'il y avait des agglomérats de particules lors de l'analyse.

Cet exemple montre que pour ce type de poussière l'analyse granulométrique faite à posteriori donne des résultats entièrement faux et souligne la nécessité d'une analyse in situ.

Theory

The residue curve of the dust can within the definition range of the analysis cyclones be described by a logarithmic - probability distribution.

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (14)$$

where

$$x = -\frac{1}{a_{dv}} \ln \frac{v}{v_d} \quad (15) \text{ System TV}$$

v is here terminal velocity (TV)
The expression also can be written in terminal velocity equivalent diameter d (TVED)

$$x = -\frac{1}{a_{dd}} \ln \frac{d}{d_d} \quad (15a) \text{ System TVED}$$

Note*

$$a_{dv} = 2 a_{dd} \quad (16)$$

The grade efficiency curve for the cyclone can also be described by a logarithmic probability distribution

Theorie

Die Rückstandskurve des Staubes kann innerhalb des definierten Bereiches der Analysenzyklone durch eine logarithmische Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden.

$$p = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (14)$$

mit

$$x = -\frac{1}{a_{dv}} \ln \frac{v}{v_d} \quad (15) \text{ System TV}$$

v ist dabei die Fallgeschwindigkeit (TV). Dieser Ausdruck kann auch für den der Fallgeschwindigkeit äquivalenten Durchmesser d (TVED) angeschrieben werden.

$$x = -\frac{1}{a_{dd}} \ln \frac{d}{d_d} \quad (15a) \text{ System TVED}$$

Die Kurve des Stufenabscheidegrades für den Zyklon kann auch durch eine logarithmische Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben werden

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^y e^{-\frac{y^2}{2}} dy \quad (17)$$

where

mit

$$y = \frac{1}{a_{cv}} \ln \frac{v}{v_c} \quad (18) \text{ System TV}$$

Théorie

Dans la gamme de définition, la courbe résiduelle des poussières peut être décrite par une distribution log-probabilité:

avec

dans laquelle v est la vitesse de chute (TV). Cette expression peut également s'écrire en termes de diamètre d équivalent en vitesse de chute (TVED):

Nota*

La courbe de rendement fractionnaire d'un cyclone peut également être décrite par une distribution log-probabilité:

avec

which corresponds to

dementsprechend

$$y = \frac{1}{a_{cd}} \ln \frac{d}{d_c} \quad (18a) \text{ System TVED}$$

Note *

$$a_{cv} = 2a_{cd} \quad (19)$$

* = Obtained by using the relationship between particle diameter d and terminal velocity v in Stokes range,

* = aufgrund der Beziehung zwischen dem Teilchendurchmesser d und der Fallgeschwindigkeit v im Stocke'schen Bereich,

$$v = \frac{d^2}{18} \cdot \frac{\rho_p - \rho_m}{\eta'} g$$

where ρ_p = density of particle
 ρ_m = density of medium.

When the medium is gas ρ_m can be neglected in comparison with ρ_p

mit ρ_p der Dichte des Teilchens
 ρ_m der Dichte des Mediums.

Falls das Medium Gas ist, kann ρ_m gegenüber ρ_p vernachlässigt werden.

ce qui correspond à:

Nota*

* = Obtenu en utilisant la relation entre le diamètre d des particules et la vitesse de chute v dans la gamme de Stokes,

avec ζ_p = masse volumique de la particule

ζ_m = masse volumique du milieu.
Lorsque le milieu est du gaz, ζ_m peut être négligé par rapport à ζ_p .

In the TV-System v_d and a_{dv} are the two parameters determinating the dust v_c and a_{cv} are the two parameters determinating the cyclone.

In the TVED-System d_d and a_{dd} are the two parameters determinating the dust d_c and a_{cd} are the two parameters determinating the cyclone.

Characteristic points

$x = 0$ gives $p = 0,50$ or 50%
using eqv (14)

$$v = v_d \text{ using eqv (15)}$$

$$d = d_d \text{ using eqv (15a)}$$

$x = 1$ gives $p = 0,8413$ or $84,13\%$
using eqv (14)

$$v = v'_d = v_d \cdot e^{-a_{dv}} \text{ using eqv (15) ... (20)}$$

$$d = d'_d = d_d \cdot e^{-a_{dd}} \text{ using eqv (15a) ... (20a)}$$

$y = 0$ gives $\eta = 0,50$ or 50%
using eqv (17)

$$v = v_c \text{ using eqv (18)}$$

$$d = d_c \text{ using eqv (18a)}$$

$y = 1$ gives $\eta = 0,8413$ or $84,13\%$
using eqv (17)

$$v = v'_c = v_c \cdot e^{a_{cv}} \text{ using eqv (18) ... (21)}$$

$$d = d'_d = d_d \cdot e^{a_{cd}} \text{ using eqv (18a) ... (21a)}$$

Thus $x = 0$ and $y = 0$ gives the cross-points with the 50% line $x = 1$ and $y = 1$ gives the crosspoints with the $84,13\%$ line in a diagram with logarithmic probability graduation.

Im TV-System v_d und a_{dv} sind zwei Parameter, welche den Staub bestimmen, v_c und a_{cv} sind zwei Parameter, welche den Zyklon bestimmen.

Im TVED-System d_d und a_{dd} sind zwei Parameter, welche den Staub bestimmen, d_c und a_{cd} sind zwei Parameter, welche den Zyklon bestimmen.

Kennzeichnende Punkte

$x = 0$ ergibt $p = 0,50$ oder 50%
nach Gl. (14)

$$v = v_d \text{ nach Gl. (15)}$$

$$d = d_d \text{ nach Gl. (15a)}$$

$x = 1$ ergibt $p = 0,8413$ oder $84,13\%$
nach Gl. (14)

$$v = v'_d = v_d \cdot e^{-a_{dv}} \text{ nach Gl. (15) ... (20)}$$

$$d = d'_d = d_d \cdot e^{-a_{dd}} \text{ nach Gl. (15a) ... (20a)}$$

$y = 0$ ergibt $\eta = 0,50$ oder 50%
nach Gl. (17)

$$v = v_c \text{ nach Gl. (18)}$$

$$d = d_c \text{ nach Gl. (18a)}$$

$y = 1$ ergibt $\eta = 0,8413$ oder $84,13\%$
nach Gl. (17)

$$v = v'_c = v_c \cdot e^{a_{cv}} \text{ nach Gl. (18) ... (21)}$$

$$d = d'_d = d_d \cdot e^{a_{cd}} \text{ nach Gl. (18a) ... (21a)}$$

Somit ergeben $x = 0$ und $y = 0$ Schnittpunkte mit der 50% Linie und $x = 1$ und $y = 1$ Schnittpunkte mit der $84,13\%$ Linie in einem Diagramm mit logarithmischer Wahrscheinlichkeitsteilung.

Dans le système TV v_d et a_{dv} sont les deux paramètres qui définissent la poussière, v_c et a_{cv} sont les deux paramètres qui définissent le cyclone.

Dans le système TVED d_d et a_{dd} sont les deux paramètres qui définissent la poussière, d_c et a_{cd} sont les deux paramètres qui définissent le cyclone.

Points caractéristiques

$x = 0$ donne $p = 0,50$ ou 50%
en utilisant équ. (14)
 $v = v_d$ en utilisant équ.(15)
 $d = d_d$ en utilisant équ.(15a)

$x = 1$ donne $p = 0,8413$ ou $84,13 \%$
en utilisant équ.(14)
 $v = v'_d = v_d \cdot e^{-a_{dv}}$
en utilisant équ.(15) (20)
 $d = d'_d = d_d \cdot e^{-a_{dd}}$
en utilisant équ.(15a)(20a)

$y = 0$ donne $\eta = 0,50$ ou 50%
en utilisant équ.(17)
 $v = v_c$ en utilisant équ.(18)
 $d = d_c$ en utilisant équ.(18a)

$y = 1$ donne $\eta = 0,8413$ ou $84,13 \%$
en utilisant équ.(17)
 $v = v'_c = v_c \cdot e^{a_{cv}}$
en utilisant équ.(18)(21)
 $d = d'_d = d_d \cdot e^{a_{cd}}$
en utilisant équ.(18a)(21a)

$x = 0$ et $y = 0$ indiquent ainsi les points d'intersection avec la droite correspondant à 50% , $x = 1$ et $y = 1$ indiquent les points d'intersection avec la droite correspondant à $84,13 \%$ dans un diagramme à graduation log-probabilité.

v_d, v_c respectively d_d and d_c are the mean values of the TV resp. TVED ($x = 0, y = 0$).

v_d', v_c' resp. d_d' and d_c' are the values at one standard deviation ($x = 1, y = 1$).

a_{dv}, a_{cv} resp. a_{dd} and a_{cd} are inclination constants in TV resp. TVED-system, eqv (20) and eqv (21).

Eqv (20) and (21) gives

v_d, v_c bzw. d_d und d_c sind die mittleren Werte für TV bzw. TVED ($x = 0, y = 0$).

v_d', v_c' bzw. d_d' und d_c' sind die Werte bei einer Standardabweichung ($x = 1, y = 1$).

a_{dv}, a_{cv} bzw. a_{dd} und a_{cd} sind Konstanten für die Neigung im System TV bzw. TVED, Gl. (20) und (21).

Gl. (20) und (21) ergeben:

$$a_{dv} = \ln \frac{v_d}{v_d'} \quad (22)$$

$$a_{dd} = \ln \frac{d_d}{d_d'} \quad (22a)$$

$$a_{cv} = \ln \frac{v_c'}{v_c} \quad (23)$$

$$a_{cd} = \ln \frac{d_c'}{d_c} \quad (23a)$$

The total efficiency for the first cyclone is

Der gesamte Abscheidegrad für den ersten Zyklon ist

$$\eta_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} -\eta_{dp} = \Phi(\mathcal{H}) \quad (24)$$

where Φ is the normal Gauss error function

mit der normalen Gauss'schen Fehlerfunktion

$$\mathcal{R} = \frac{\ln \frac{v_d}{d_c}}{\sqrt{a_{dv}^2 + a_{cv}^2}} \quad (25)$$

$$\mathcal{H} = \frac{\ln \frac{d_d}{d_c}}{\sqrt{a_{dd}^2 + a_{cd}^2}} \quad (25a)$$

$$\alpha = \frac{a_{dv}}{a_{cv}} = \frac{a_{dd}}{a_{cd}} \quad (26)$$

v_d , v_c et d_d , d_c sont les valeurs moyennes de la vitesse de chute correspondant respectivement aux systèmes TV et TVED ($x = 0$, $y = 0$).

v_d' , v_c' , et d_d' , d_c' sont respectivement les valeurs correspondant à un écart type ($x = 1$, $y = 1$).

a_{dv} , a_{cv} et a_{dd} , a_{cd} sont des constantes d'inclinaison correspondant respectivement aux systèmes TV et TVED.

A partir des équations (20) et (21) on obtient:

Le rendement total du premier cyclone est:

où est la fonction d'erreur normale de Gauss

The total efficiency for the second cyclone

which is not soluble in a closed form.

One numeric solution is

$$\eta_2 = \Phi(\mathcal{K}) - \frac{u}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \left(1 - e^{-\frac{\mathcal{K}^2}{2}} \cdot \frac{1}{\cos^2 \frac{v}{n} \left(v - \frac{1}{2} \right)} \right) \right] \quad (28)$$

where

Thus η_1 is a function of \mathcal{K} and η_2 is a function of \mathcal{K} and α

This functions are visualized in a diagram, appendix 2, encl.1.

The total system includes 6 parameters namely

in TV-system $v_d, a_{dv}, v_c, a_{cv},$

η_1, η_2

in TVED-system $d_d, a_{dd}, d_c, a_{cd},$

η_1, η_2

Der gesamte Abscheidegrad für den zweiten Zyklon ist

$$\eta_2 = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \eta (1-\eta) dp}{\int_{-\infty}^{\infty} (1-\eta) dp} \quad (27)$$

welches nicht in geschlossener Form lösbar ist.

Eine numerische Lösung ergibt:

$$\eta_2 = \Phi(\mathcal{K}) - \frac{u}{\pi} \left[1 - \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n \left(1 - e^{-\frac{\mathcal{K}^2}{2}} \cdot \frac{1}{\cos^2 \frac{v}{n} \left(v - \frac{1}{2} \right)} \right) \right] \quad (28)$$

mit

$$n = \arcsin \frac{1}{2(1+\alpha^2)} \quad (29)$$

Somit ist η_1 eine Funktion von \mathcal{K} und η_2 ist eine Funktion von \mathcal{K} und α

Diese Funktionen sind in einem Diagramm, Anhang 2, Anlage 1, gezeigt.

Das gesamte System umfaßt 6 Parameter, und zwar:

im System TV $v_d, a_{dv}, v_c, a_{cv},$

η_1, η_2

im System TVED $d_d, a_{dd}, d_c, a_{cd},$

η_1, η_2

Le rendement total du second cyclone est:

ce qui ne peut pas être résolu sous une forme close.

Une solution numérique est:

avec

Ainsi η_1 est une fonction de \mathcal{L}
et η_2 est une fonction de \mathcal{L} et α

Ces fonctions sont illustrées sur en diagramme (cf. Annexe 2, pièce jointe 2).

L'ensemble du système comprend 6 paramètres, à savoir:

dans le système TV: $v_d, a_{dv}, v_c, a_{cv},$

η_1, η_2

dans le système TVED: $d_d, a_{dd}, d_c, a_{dc},$

η_1, η_2

Three possibilities occur:

Es ergeben sich drei Möglichkeiten:

TV-System

Known dust Staub bekannt Poussière connue	Known collector Abscheider bekannt Séparateur connu	Measured Meßwerte Valeurs mesurées	Calculated Rechenwerte Valeurs calculées	Operation Arbeitsgang Fonctionnement
1 v_d, a_{dv}	-	η_1, η_2	v_c, a_{cv}	Calibration Eichung Etalonnage
2 -	v_c, a_{cv}	η_1, η_2	v_d, a_{dv}	Dust analyse Staubanalyse Analyse des poussières
3 v_d, a_{dv}	v_c, a_{cv}	-	$\eta_1, (\eta_2)$	Determinaiton of efficiency Bestimmung des Abscheidegrades Détermination du rendement

TVED-System

Known dust Staub bekannt Poussière connue	Known collector Abscheider bekannt Séparateur connu	Measured Meßwerte Valeurs mesurées	Calculated Rechenwerte Valeurs calculées	Operation Arbeitsgang Fonctionnement
1 d_d, a_{dd}	-	η_1, η_2	d_c, a_{cd}	Calibration Eichung Etalonnage
2 -	d_c, a_{cd}	η_1, η_2	d_d, a_{dd}	Dust analyse Staubanalyse Analyse des poussières
3 d_d, a_{dd}	d_c, a_{cd}	-	$\eta_1, (\eta_2)$	Determination of efficiency Bestimmung des Abscheidegrades Détermination du rendement

Il y a alors trois possibilités:

CalibrationGeneral

Calibration i.e. determination of the fractional efficiency curve for the cyclone.

The fractional efficiency curve for a cyclone of a given size and geometry is a function of the flow rate and of the terminal velocity of the particles.

The question of calibration is hereby preliminary how to determine the terminal velocity of the dust used for the calibration.

The determination of the terminal velocity in a gravitational field can be realized by various methods, but conversion to terminal velocity in a centrifugal field can be realized only for spherical particles.

As all dust classifiers give individual results according to different evaluation of certain dust parameters such as density, porosity, shape, etc. the fractional efficiency curve is depending of the reference method used for the dust analysis and of the reference dust itself.

It is obviously possible to attach the method to any reasonable test dust analysis obtained by any

EichungAllgemeines

Eichung, d.h. die Bestimmung des Abscheidegrades in Abhängigkeit der Korngröße für den Zyklon.

Die Kurve des Abscheidegrades in Abhängigkeit der Korngröße hängt für einen Zyklon mit gegebener Größe und Geometrie von dem Durchfluß und der Fallgeschwindigkeit der Teilchen ab.

Bei der Eichung kommt es sehr stark auf die Bestimmung der Fallgeschwindigkeit des für die Eichung verwendeten Staubes an.

Die Bestimmung der Fallgeschwindigkeit in einem Schwerfeld kann nach verschiedenen Methoden erfolgen, die Umrechnung in Fallgeschwindigkeit in einem zentrifugalen Feld ist aber nur für sphärische Teilchen möglich.

Da alle Staubsichter individuelle Ergebnisse zeitigen, entsprechend der unterschiedlichen Bewertung gewisser Parameter des Staubes, wie Dichte, Porosität, Form, usw. hängt die Abscheidekurve in Abhängigkeit der Korngröße von der für die Staubanlyse verwendeten Bezugsmethode und auch vom Bezugsstaub selbst ab.

Es ist selbstverständlich möglich, die Methode mit irgendeiner vertretbaren Teststaubanlyse in Verbindung

Étalonnage

Généralités

Dans le présent document, le mot étalonnage signifie détermination de la courbe de rendement fractionnaire du cyclone.

La courbe de rendement fractionnaire d'un cyclone de taille et de géométrie données dépend du débit et de la vitesse de chute des particules.

Avant de procéder à l'étalonnage, il faut donc connaître la vitesse de chute de la poussière utilisée.

Il existent différentes méthodes pour déterminer la vitesse de chute dans un champ de gravitation, mais la conversion en vitesse de chute dans un champ centrifuge ne peut se faire que pour des particules sphériques.

Etant donné que tous les analyseurs de poussière donnent des résultats individuels correspondant à une évaluation différente de certains paramètres de la poussière, tels que masse volumique, porosité, forme, etc. la courbe de rendement fractionnaire dépend de la méthode de référence utilisée pour l'analyse des poussières et de la poussière de référence elle-même.

Il est évidemment possible de combiner la méthode avec n'importe quelle analyse de poussière d'essai valable

reasonable reference method, but is is most practical to choose one reference dust and one reference method for all normal use. Beside that every utilizer has the possibility to work with other combinations.

Calibration

Reference dust according to E/--- is analysed with reference method E/--- for example: Bahco Elutriator and the result as a residue curve is plotted in a logarithmic probability diagram.

A straight line is drawn closed to the points with terminal velocities less than 20 mm/s. Where this line crosses the 50 percent-line the median value v_d is obtained and where this line crosses 84.13 percent-line the value v_d' is obtained. Inclination constant

The reference dust is fed into an Analysis Cyclone according to E/--- at the following conditions:

zu bringen, welche nach einer vertretbaren Bezugsmethode durchgeführt worden ist. Es ist aber praktischer, einen Bezugsstaub und eine Bezugsmethode für den normalen Einsatz zu verwenden. Daneben hat jeder Verwender natürlich die Möglichkeit, mit anderen Kombinationen zu arbeiten.

Eichung

Bezugsstaub gemäß E/--- wird nach einer Bezugsmethode E/--- z.B. mit d Bahco-Elutriator analysiert und die sich ergebende Rückstandskurve wird in ein Diagramm mit logarithmischer Wahrscheinlichkeitsteilung eingetragen.

Es wird eine Gerade angenähert durch die Punkte mit Fallgeschwindigkeiten unter 20 mm/s gezogen. Der Schnittpunkt dieser Geraden mit der 50 %-Linie ergibt den Mittelwert v_d und der Schnittpunkt mit der 84,13 %-Linie ergibt den Wert v_d' . Die Neigungskonstante ist

$$a_d = \ln \frac{v_{d1}}{v_d}$$

Der Bezugsstaub wird unter folgenden Bedingungen in den Analyse-Zyklon gemäß E/--- eingebracht:

obtenue avec n'importe quelle méthode de référence valable, mais il est beaucoup plus pratique de choisir une poussière de référence et une méthode de référence pour toute utilisation normale. Chaque utilisateur est toutefois libre de travailler avec d'autres combinaisons.

Etalonnage

La poussière de référence suivant E/--- est analysée avec une méthode de référence suivant E/--- (par ex. un élutriateur Bahco) et le résultat obtenu sous forme d'une courbe résiduelle est porté sur un diagramme log-probabilité.

On trace une droite approximant les points correspondant à des vitesses de chute inférieures à 20 mm/s. Les points d'intersection de cette droite avec celle correspondant à 50 % donnent la valeur moyenne de v_d , et les points d'intersection de la droite avec celle correspondant à 84,13 % donnent la valeur de v_d' . La constante d'inclinaison est

La poussière de référence est générée dans un petit cyclone suivant E/--- aux conditions suivantes:

The Analysis Cyclone equipment is arranged for direct feeding:

Air flow $25 \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$
Relative humidity 50 %
Dust quantity 100 g
Dust concentration $5 \pm 0,5 \text{ g}/\text{m}^3$
Dust feeding using vibrating table and dust gun according to E/---

When feeding is terminated, dust deposits in piping is handled according to E/---/ point 8.4.

Collected dust quantities are weighed at a tolerance of $\pm 10 \text{ mg}$.

Dust balance is checked

where the dust quantities are:

- A = introduced
- B_0 = deposits in piping before cyclone 1
- B_1 = collected in cyclone 1
- B_2 = collected in cyclone 2
- B_3 = collected on filter.

The cyclone characteristic v_c , a_c is determined according to E/---/ point 9.1, 9.2, 9.4.

Example:

Die Ausrüstung mit den Analysenzyklonen wird für unmittelbare Beaufschlagung wie folgt vorbereitet:

Luftstrom
relative Luftfeuchtigkeit
Staubmenge
Staubkonzentration
Staubeinleitung mit Schwingtisch und Staubbüse nach E/---

Nachdem die Staubeinleitung beendet ist, werden die Staubablagerungen in den Kanälen gemäß E/---/Pkt. 8.4 behandelt.

Die aufgefangenen Staubmengen werden auf $\pm 10 \text{ mg}$ genau gewogen.

Man kontrolliert die Staubbilanz:

$$A - (B_0 + B_1 + B_2 + B_3) = 350 \text{ mg}$$

mit folgenden Staubmengen

- A = Aufgabe
- B_0 = Ablagerungen in den Kanälen vor dem Zyklon 1
- B_1 = Abscheidung im Zyklon 1
- B_2 = Abscheidung im Zyklon 2
- B_3 = auf dem Filter abgeschieden.

Die Kennlinie v_c , a_c des Zyklons wird gemäß E/---/Punkte 9.1., 9.2., 9.4 bestimmt.

Beispiel:

- A = 100,00 g
- B_0 = 0,05 g
- B_1 = 93,65 g
- B_2 = 2,25 g
- B_3 = 4,00 g

L'appareillage est réglé pour une
génération directe:

Débit d'air	$25 \pm 1 \text{ m}^3/\text{h}$
Humidité relative	50 %
Masse de poussières	100 g
Concentration en poussières	$5 \pm 0,5 \text{ g/m}^3$

Génération des poussières au
moyen d'une table vibrante et
d'un fusil à poussière con-
formes à E/---

Lorsque toute la poussière a
été générée, les dépôts de
poussière dans les conduits
sont traités suivant E/---
(par. 8.4).

Les quantités de poussière
collectées sont pesées avec une
tolérance de ± 10 mg.

On vérifie comme suit le poids
des poussières:

- avec A = poussière générée
- B₀ = dépôts dans le conduit
amont du cyclone n° 1
- B₁ = poussière collectée dans
le cyclone n° 1
- B₂ = poussière collectée dans
le cyclone n° 2
- B₃ = poussière collectée sur
le filtre

La caractéristique v_c , a_c du cyclone
est déterminée suivant E/--- par. 9.1,
9.2., 9.4.

Exemple:

Checking dust tolerance

Kontrolle der Staubbilanz

$$100.00 - (0,05 + 93,65 + 2,25 + 4,00) = 0,05$$

which is less than stated 0,35 g.

was unter der angegebenen Toleranz von 0,35 g liegt.

Efficiencies:

Abscheidegrade:

$$\eta_1 = \frac{93,65}{99,99} = 0,937 = 93,7 \%$$

$$\eta_2 = \frac{2,25}{6,25} = 0,360 = 36,0 \%$$

Diagram 1 gives $\mathcal{K} = 1,53$ and $\alpha = 2,85$.

Das Diagramm 1 ergibt $\mathcal{K} = 1,53$ und $\alpha = 2,85$.

The residue curve for the calibration dust is given in diagram 2.

Die Rückstandskurve für den geeichten Staub ist in Diagramm 2 dargestellt.

The straight line is drawn through the points $v_d = 9,7$ mm/s
 $v_d' = 1,53$ mm/s

Die Punkte $v_d = 9,7$ mm/s
 $v_d' = 1,53$ mm/s

$$a_d = \ln \frac{9,7}{1,53} = 1,85$$

a_c and v_c is obtained as

a_c und v_c werden wie folgt erhalten

$$a_c = \ln \frac{1,85}{2,85} = 0,65$$

$$v_c = 9,7 \cdot e^{-1,53 \cdot 0,65} \sqrt{1 + 2,85^2} = 0,48 \text{ mm/s}$$

$$v_c' = 0,48 \cdot e^{0,65} = 0,92 \text{ mm/s}$$

The fractional efficiency curve is a straight line through the points v_c , 50 % and v_c' , 84.13 %.

Die Fraktionsabscheidekurve ist eine Gerade durch die Punkte $v_c = 50 \%$ und $v_c' = 84,13 \%$.

See diagram 3.

Siehe Diagramm 3.

On vérifie le bilan des poussières

ce qui est inférieur à la tolérance indiquée de 0,35 g.

Rendements:

Le diagramme 1 indique $\mathcal{L} = 1,53$ et $\lambda = 2,85$.

La courbe résiduelle est donnée par le diagramme 2. On trace une droite par les points $v_d = 9,7$ mm/s, et $v_d' = 1,53$ mm/s

Les valeurs de a_c et de v_c résultent des équations suivantes:

La courbe de rendement fractionnaire est la droite qui passe par les points correspondant à $v_c = 50$ % et $v_c' = 84,13$ %.

Cf. diagramme 3.

APPENDIX 4

ANHANG 4

ANNEX 4

References

Schrifttumsverzeichnis

Références bibliographiques

- SVENSK STANDARD SMS 2844 - Dust separating. Test dust for duct collectors
- SVENSK STANDARD SMS 2845 - Dust separating. Calibration of dust classifiers
- SVENSK STANDARD SMS 2846 - Dust separating. Settling rate analysis with duct classifiers
- SVENSK STANDARD SMS 2848 - Dust separating. Dust guns
- SVENSK STANDARD SMS 2849 - Dust separating. Settling rate analysis with model cyclones
- SVENSK STANDARD SMS 2850 - Dust separating. Calibration of model cyclones
- SVENSK STANDARD SMS 2851 - Dust separating. Settling rate valuation for model cyclones.

Diagram 1 Diagramma 1 Diagramme 1

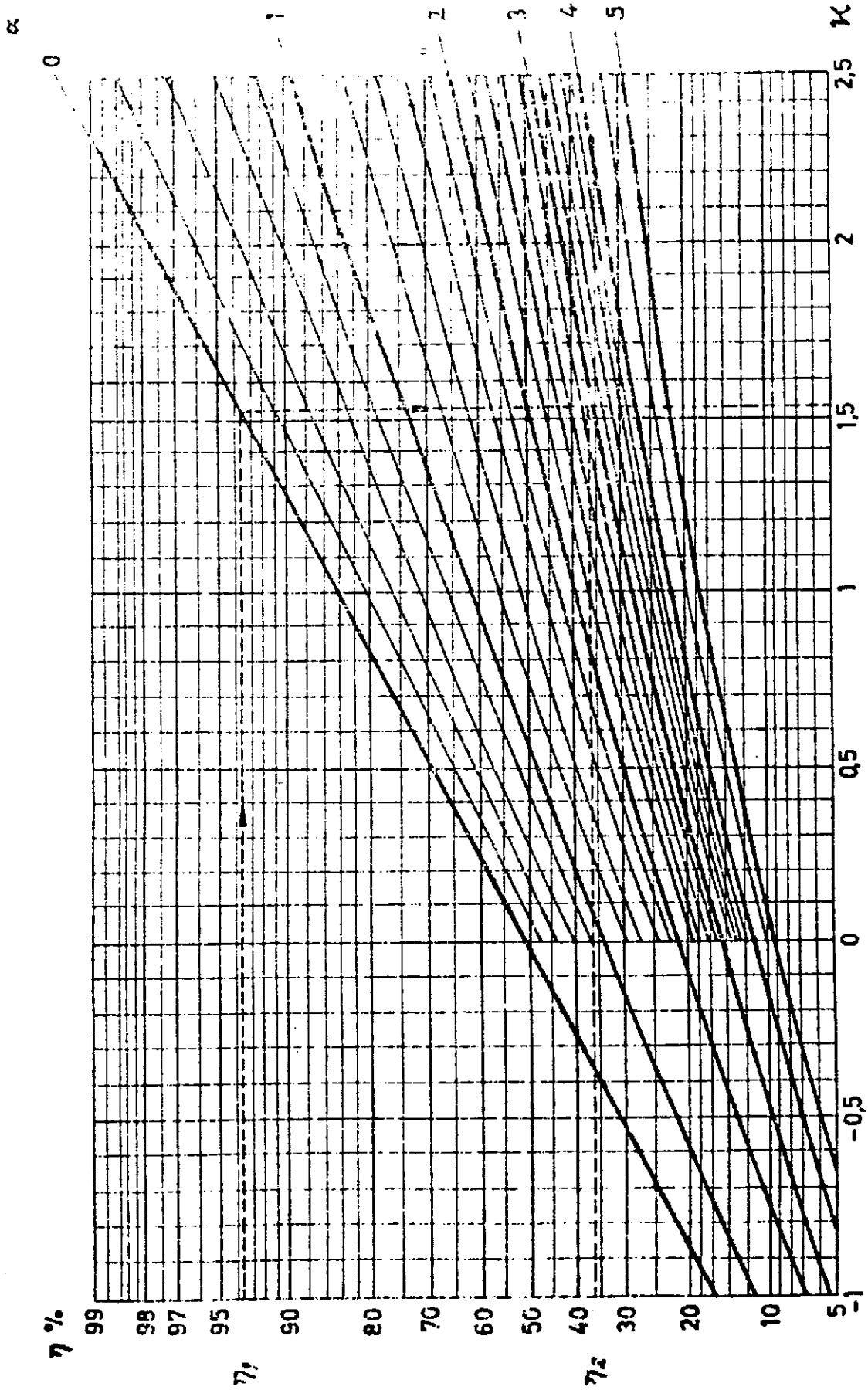


Diagram la Diagramm la Diagramme la

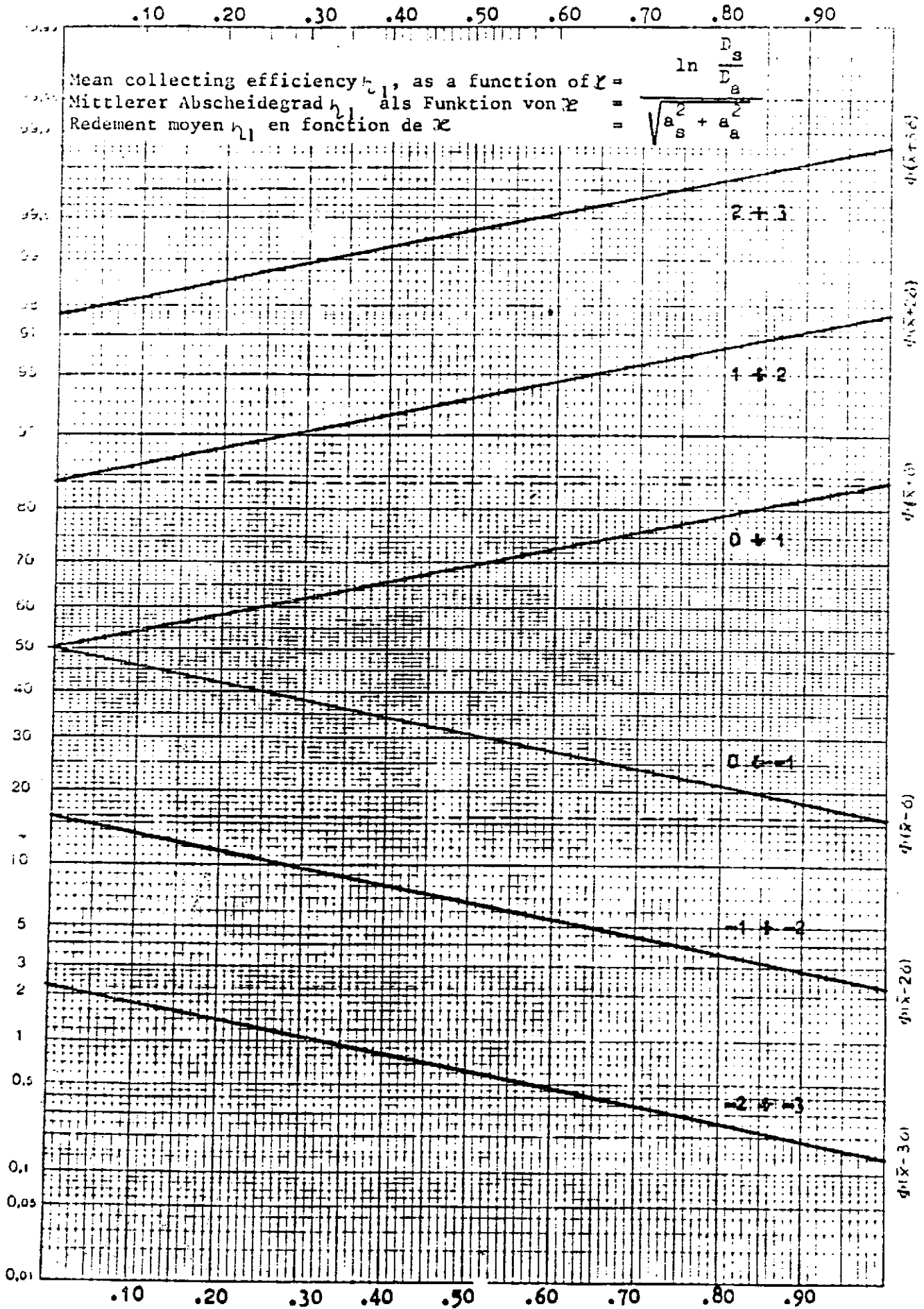
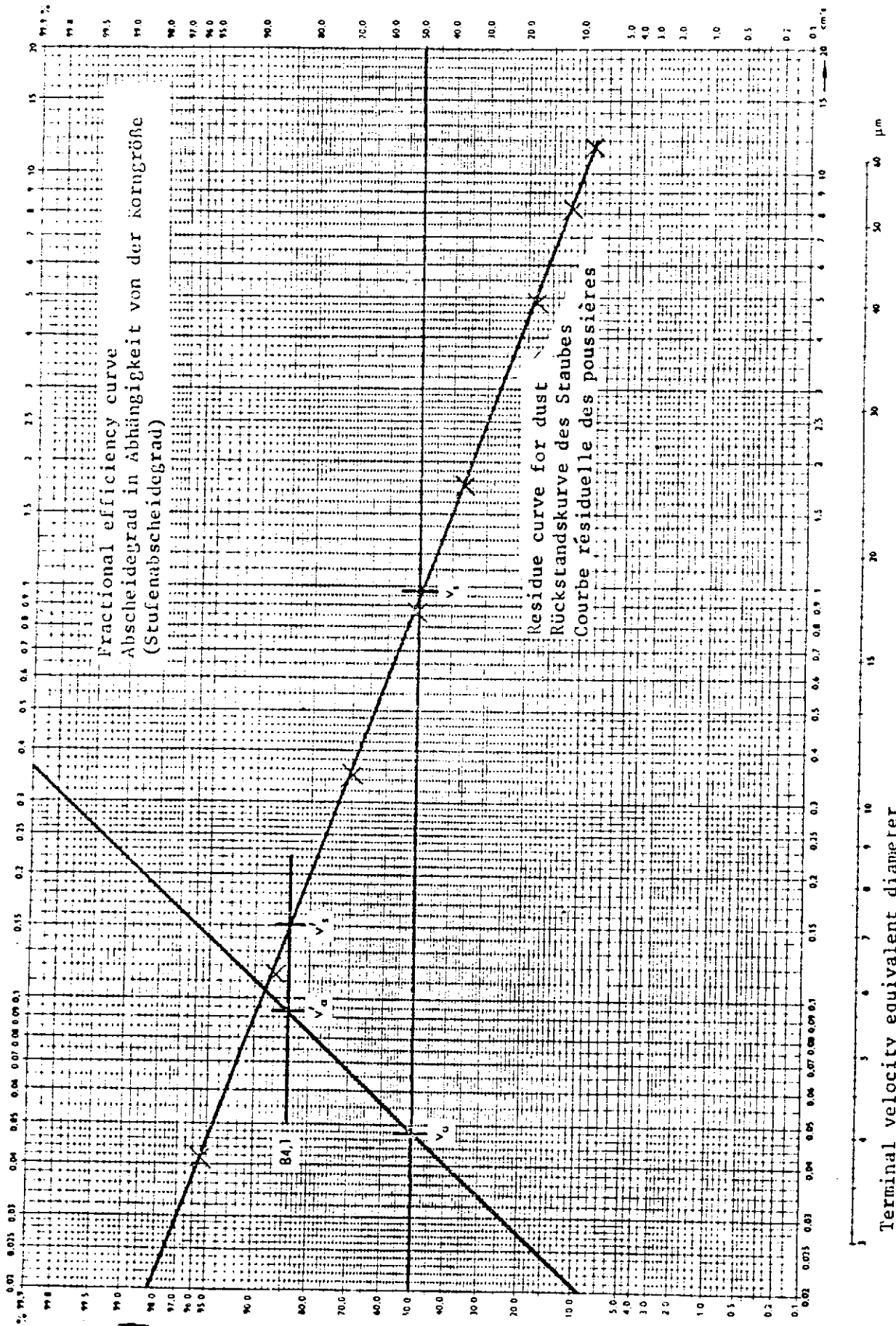


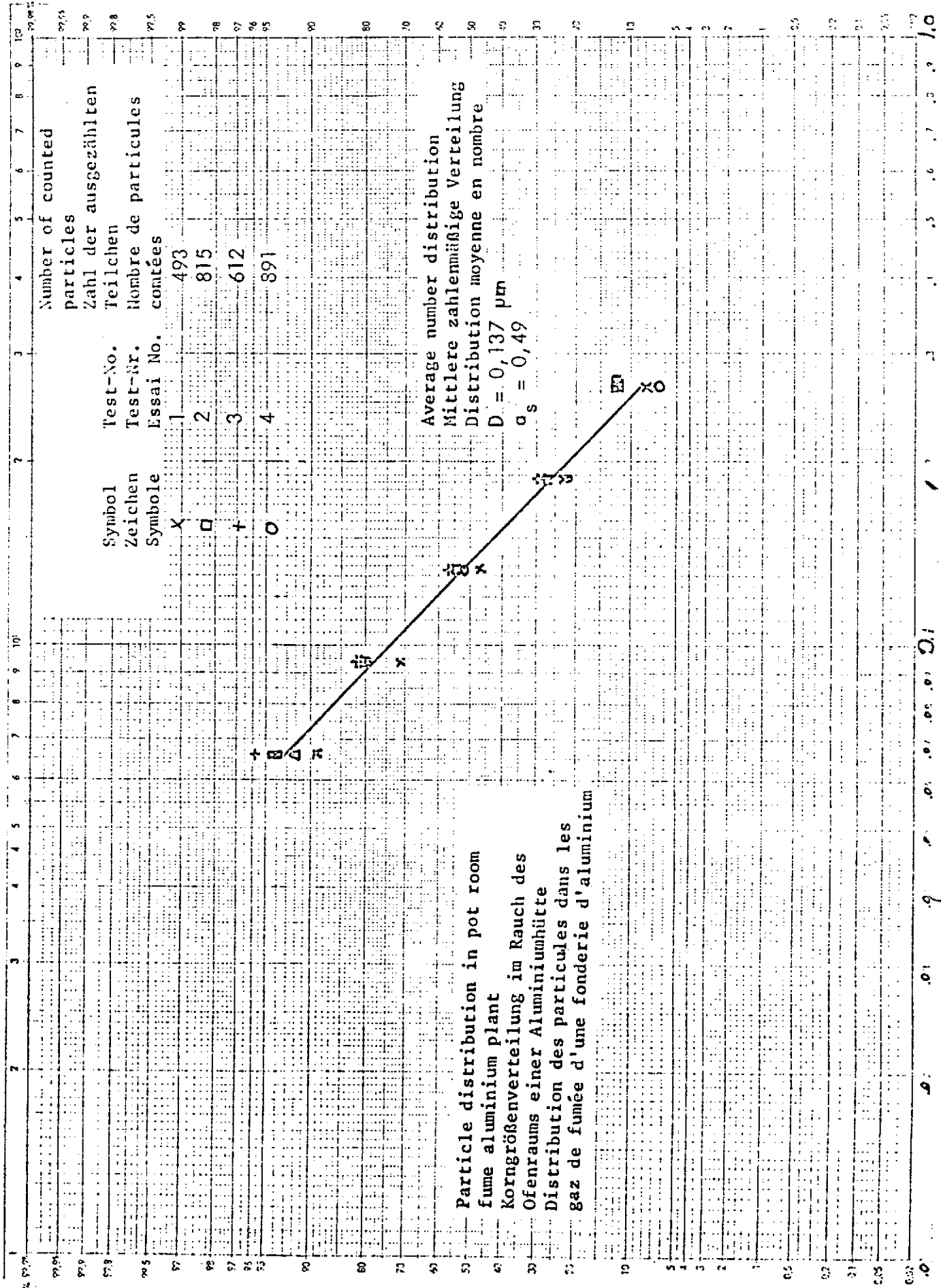
Diagram 2 Diagramm 2 Diagramme 2



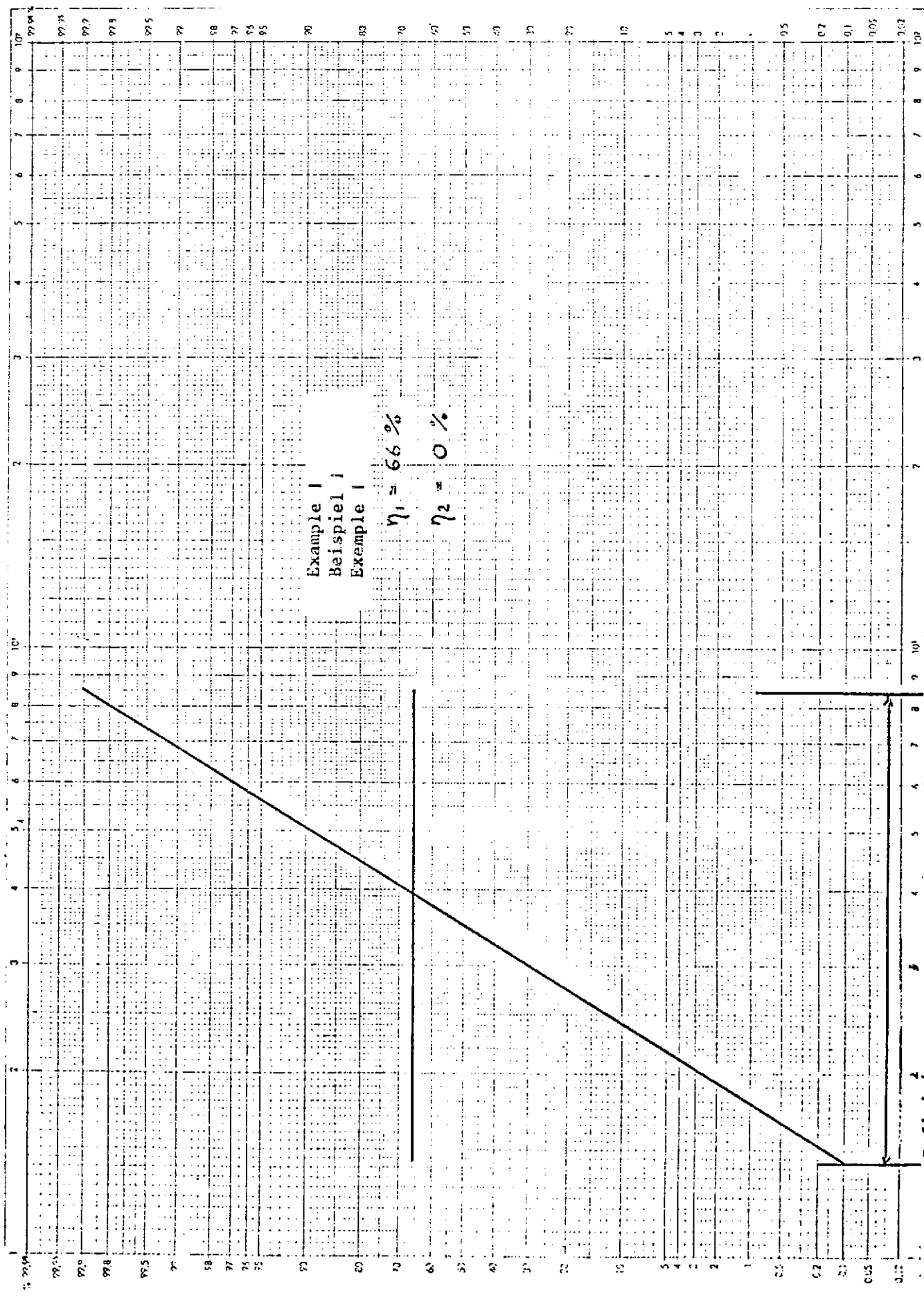
terminal velocity
Fallgeschwindigkeit
Vitesse de chute

Residue - Rückstand - Résidu

Diagram 3 Diagramm 3



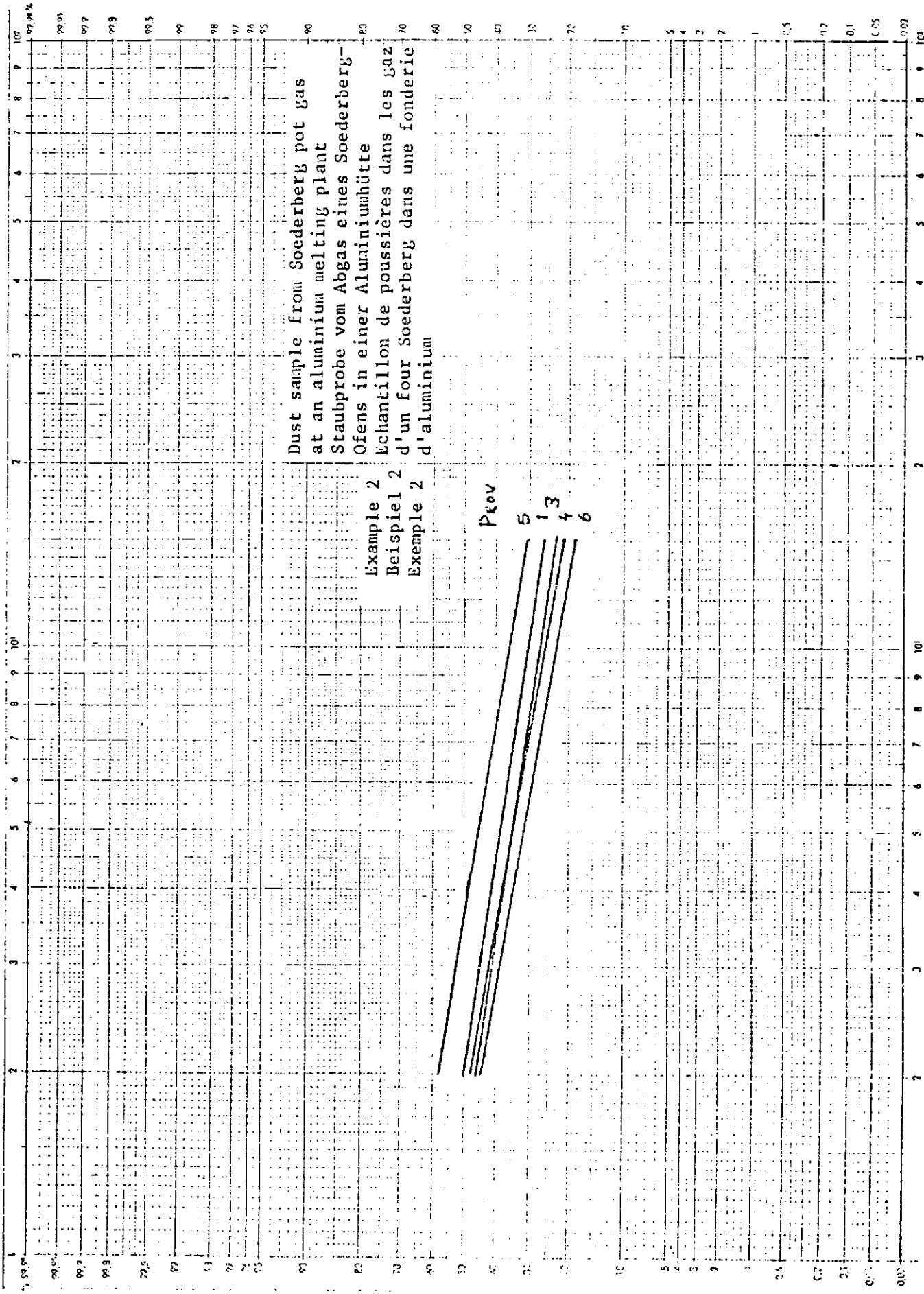
Residue Rückstand Résidu Fractional Efficiency Stufenabscheidegr. Rendement fractionnaire Diagram 4 Di, mm 4 Diagramme 4



Definition range
 Definierter Bereich
 Gamme de définition

Settling rate eqv diameter μm
 Äquivalenter Durchmesser zur Fallgeschwindigkeit μm
 Diamètre équivalent en vitesse de chute μm

Residue - Rückstand - Résidu Diagramm 5 Diagramme 5 Diagramme 5

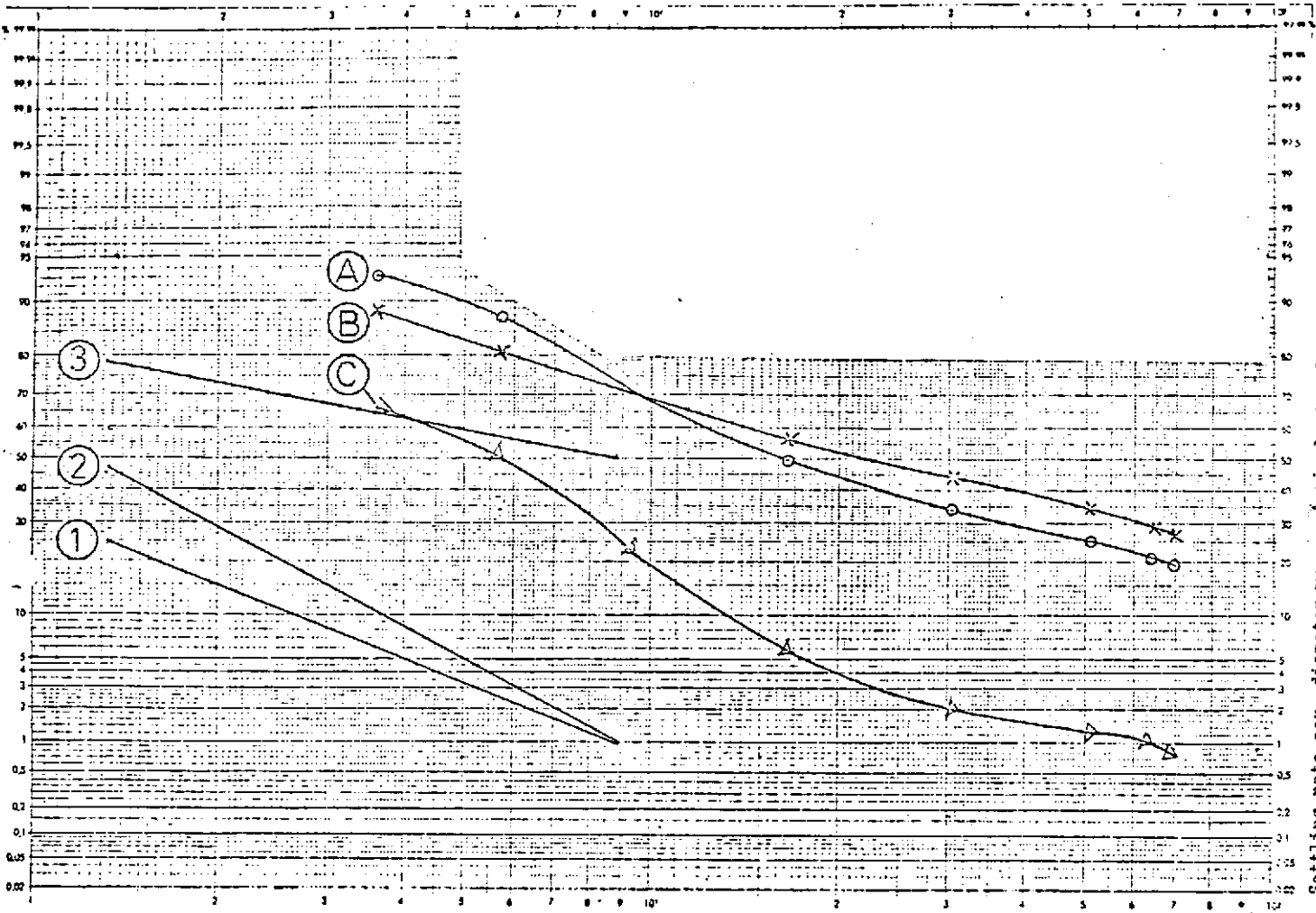


Dust sample from Soederberg pot Gas
 at an aluminium melting plant
 Staubprobe vom Abgas eines Soederberg-
 Ofens in einer Aluminiumhütte
 Exemple 2 Echantillon de poussières dans les gaz
 Beispiel 2 d'un four Soederberg dans une fonderie
 Exemple 2 d'aluminium

P_{0.0v}

5
13
4
6

Settling rate eqv. diameter μa - Äquivalenter Durchmesser zur Fallgeschwindigkeit μa
 Diamètre équivalent en vitesse de chute μa



Settling rate eqv. diameter /µa - Äquivalenter Durchmesser zur Fallgeschwindigkeit /µa
Diamètre équivalent en vitesse de chute /µa

Identification:

Zeichenerklärung:

A, B Inlet dust to an ordinary cyclone, Lab.test

In einen normalen Zyklon eintretender Staub, Labormethode

Methode I

Poussière à l'entrée d'un cyclone ordinaire
Essai en laboratoire

1. Inlet dust to an ordinary cyclone, On site test

In einen normalen Zyklon eintretender Staub,
Versuch unter Betriebsbedingungen

Methode II

Poussière à l'entrée d'un cyclone ordinaire
Essai in situ

C. Outlet dust from the same cyclone, Lab.test

Aus dem gleichen Zyklon austretender Staub,
Labormethode

Methode I

Poussière à la sortie du même cyclone
Essai en laboratoire

2,3 Outlet dust from the same cyclone, On site test

Aus dem gleichen Zyklon austretender Staub,
Versuch unter Betriebsbedingungen

Methode II

Poussière à la sortie du même cyclone
Essai in situ

I Bahco elutriator/elutriateur

II SF Analyse Cyclones/SF Analysenzyklone/Petits cyclones SF

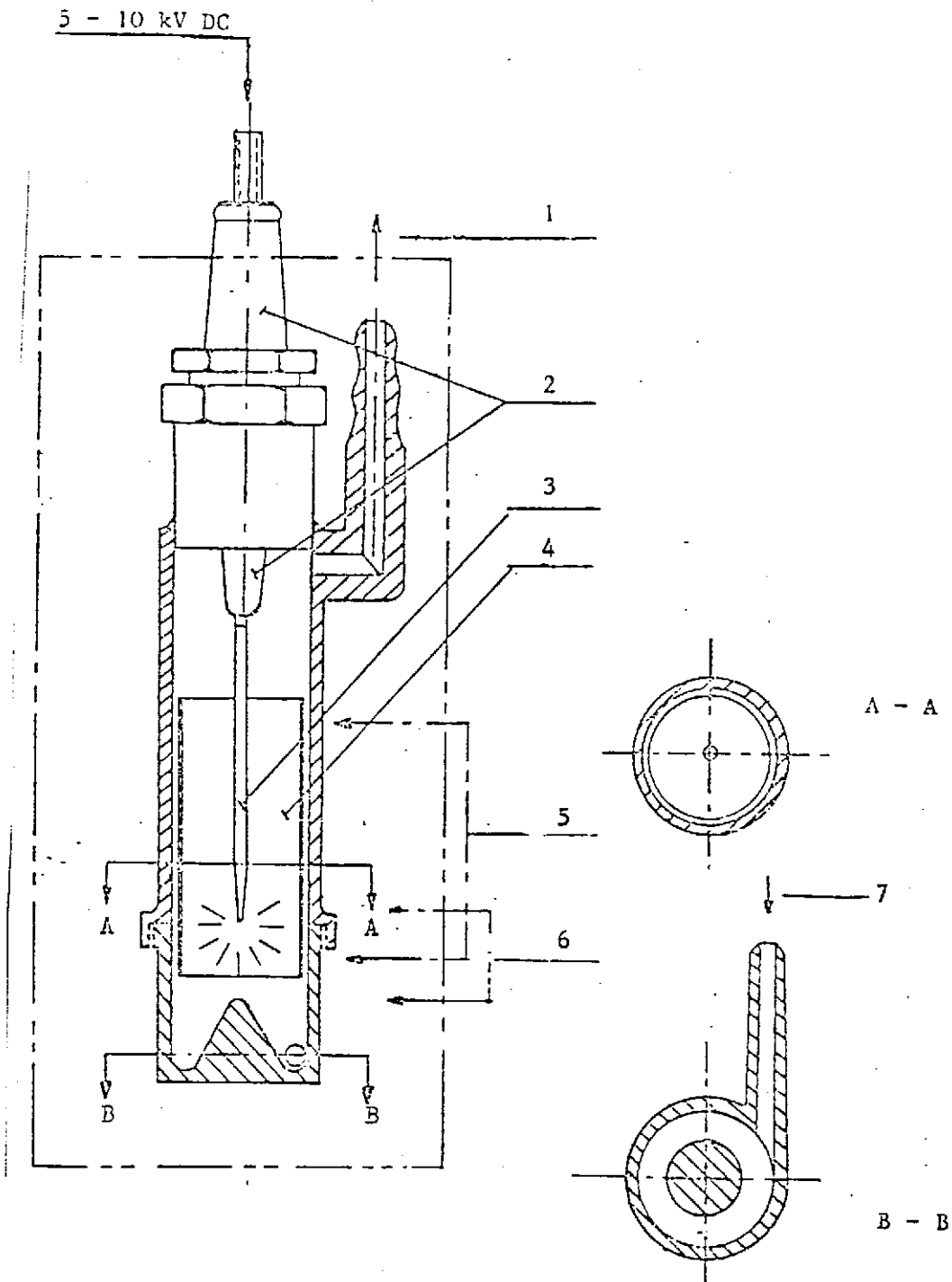


Fig. 1: Dust collecting el precipitator for el mikroskop
 Abb. 1: Elektrofilter zum Abscheiden des Staubes für das elektronenmikroskop
 Fig. 1: Filtre électrostatique pour le microscope électronique

- | | | |
|----------------------------------|---------------------------------------|---|
| 1 - To gas pump and
gas meter | 1 - Zur Gaspumpe und
zum Gaszähler | 1 - Vers l'aspiration des
gaz et le débitmètre |
| 2 - Insulator | 2 - Isolator | 2 - Isolateur |
| 3 - Emission electrode | 3 - Sprühelektrode | 3 - Electrode d'émission |
| 4 - Captation electrode | 4 - Niederschlags-
elektrode | 4 - Electrode de captation |
| 5 - Captation | 5 - Niederschlag | 5 - Zone de captation |
| 6 - Charging | 6 - Ladung | 6 - Zone de chargement |
| 7 - Gas and dust in | 7 - Eintritt von Gas und
Staub | 7 - Entrée du gaz et de la
poussière |